

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-152057

(43)Date of publication of application : 08.06.1999

(51)Int.Cl.

B62D 6/00
B62D 5/04
// B62D101:00
B62D113:00
B62D119:00
B62D137:00

(21)Application number : 10-249730

(22)Date of filing : 03.09.1998

(71)Applicant : HONDA MOTOR CO LTD

(72)Inventor : TAKIMOTO SHIGENORI
SHIMIZU YASUO
YAMAWAKI SHIGERU

(30)Priority

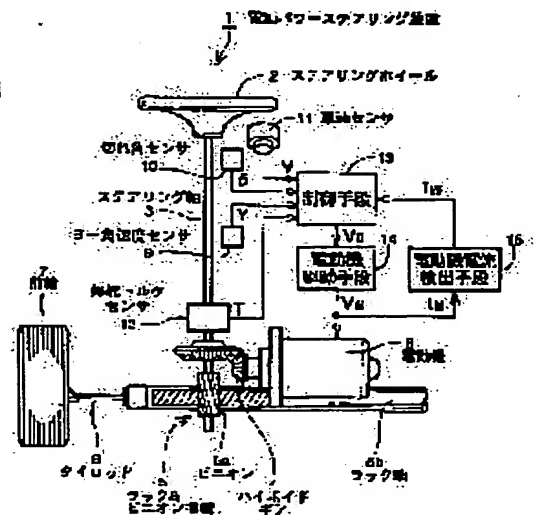
Priority number : 09251199 Priority date : 16.09.1997 Priority country : JP

(54) ELECTRIC POWER STEERING DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To detect the over- or under-steering state of vehicle behavior according to a road surface state, notify a driver of the road surface information, and perform an optimum steering wheel operation according to the driver's will by providing a control means having a target torque signal correction by an angle difference signal consisting of an estimated difference in slip angle between front wheel and rear wheel.

SOLUTION: The manual steering torque added to a steering shaft 3 by the steering of a steering wheel 2 changes the steering direction of front wheels 7 through a rack and pinion mechanism 5 and a tie rod 6. To support the manual steering torque, the steering force of a driver is reduced by the drive of an electric motor 8 according to the steering torque signal. A control means corrects a target torque by the slip angle difference and angle difference signal between front wheels and rear wheels, and controls the drive of the electric motor 8 for adding an auxiliary torque to a steering system, including the change of reaction. A correcting means can transmit the under- or over-steering vehicle behavior, even if suddenly changed, as a change of reaction to the driver through the steering wheel. Thus, the driver can perform a steering wheel operation most suitable for the vehicle behavior.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

27.11.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3469098

[Date of registration]

05.09.2003

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-152057

(43) 公開日 平成11年(1999) 6月8日

(51) Int.Cl.⁶

B 6 2 D 6/00

5/04

// B 6 2 D 101: 00

113: 00

119: 00

識別記号

F I

B 6 2 D 6/00

5/04

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 29 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平10-249730

(22) 出願日 平成10年(1998) 9月3日

(31) 優先権主張番号 特願平9-251199

(32) 優先日 平9(1997) 9月16日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000003326

本田技研工業株式会社

東京都港区南青山二丁目1番1号

(72) 発明者 滝本 繁規

埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会

社本田技術研究所内

(72) 発明者 清水 康夫

埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会

社本田技術研究所内

(72) 発明者 山脇 茂

埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会

社本田技術研究所内

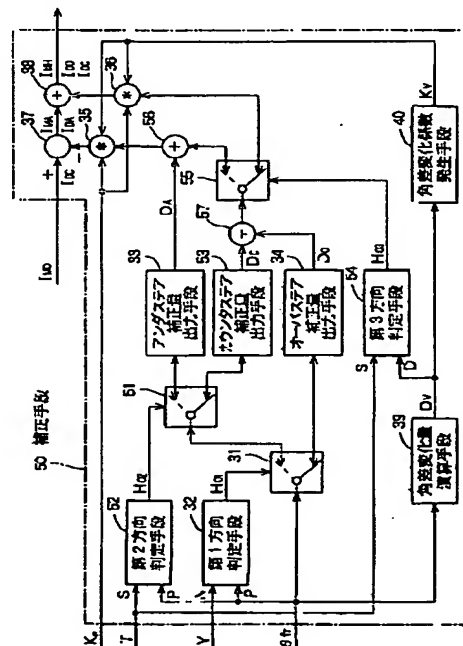
(74) 代理人 弁理士 下田 容一郎

(54) 【発明の名称】 電動パワーステアリング装置

(57) 【要約】

【課題】 検出が難しい路面摩擦係数に基づいて基準横加速度を設定することなく、摩擦係数をパラメータとした横加速度Gが非線形領域であっても、アンダステア、オーバステアおよびカウンタ過大等の車両挙動の限界領域でもドライバが正確に感知し、ドライバが好む最適の操舵ができる電動パワーステアリング装置を提供する。

【解決手段】 選択手段31、第1方向判定手段32、アンダステア補正量出力手段33、オーバステア補正量出力手段34、乗算手段35、乗算手段36、減算補正手段を構成する減算手段37、加算補正手段を構成する加算手段38、角差変化量演算手段39、角差変化係数発生手段40、選択手段51、第2方向反転手段52、カウンタステア補正量出力手段53、第3方向判定手段54、選択手段55、加算手段56、加算手段57を有する補正手段50を備えた電動パワーステアリング装置1。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 ステアリング系の操舵トルクを検出する操舵トルクセンサと、ステアリング系に補助トルクを付加する電動機と、少なくとも前記操舵トルクセンサからの操舵トルク信号に基づいて目標トルク信号を設定する目標トルク信号設定手段を有する制御手段と、を備え、目標トルク信号に基づいて前記電動機の駆動を制御する電動パワーステアリング装置において、前記制御手段は、前輪滑り角と後輪滑り角との差を推定する滑り角差推定手段と、この滑り角差推定手段からの角差信号に基づいて目標トルク信号を補正する補正手段と、を備えたことを特徴とする電動パワーステアリング装置。

【請求項2】 前記滑り角差推定手段は、前輪の切れ角を検出する切れ角センサが検出する切れ角信号、車速センサが検出する車速信号、ヨー角速度センサが検出するヨー角速度信号および車両の寸法パラメータに基づいて角差を演算することを特徴とする請求項1記載の電動パワーステアリング装置。

【請求項3】 前記補正手段は、アンダステア補正量を出力するアンダステア補正量出力手段と、オーバステア補正量を出力するオーバステア補正量出力手段と、前記滑り角差推定手段が検出する角差信号の方向とヨー角速度信号の方向の一致／不一致を判定する第1方向判定手段と、この第1方向判定手段からの判定信号が方向一致の場合には前記オーバステア補正量出力手段を選択し、方向不一致の場合には前記アンダステア補正量出力手段を選択する選択手段と、を備えたことを特徴とする請求項1記載の電動パワーステアリング装置。

【請求項4】 前記補正手段は、前記アンダステア補正量出力手段からのアンダステア補正量に対応した減算補正信号で目標トルク信号を減算補正する減算補正手段と、前記オーバステア補正量出力手段からのオーバステア補正量に対応した減算補正信号で目標トルク信号を減算補正する減算補正手段と、を備えたことを特徴とする請求項3記載の電動パワーステアリング装置。

【請求項5】 前記補正手段は、角差信号の変化量を演算する角差変化量演算手段と、この角差変化量演算手段からの角差変化信号に対応した角差変化係数を出力する角差変化係数発生手段と、を備え、角差変化係数でアンダステア補正量およびオーバステア補正量を補正することを特徴とする請求項3または請求項4記載の電動パワーステアリング装置。

【請求項6】 前記補正手段は、アンダステア補正量を出力する前記アンダステア補正量出力手段と、カウンタステア補正量を出力するカウンタステア補正量出力手段と、前記滑り角差推定手段が検出する角差信号の方向と前記ヨー角速度センサが検出するヨー角速度信号の方向の一致／不一致を判定する第1方向判定手段と、前記滑り角差推定手段が検出する角差信号の方向と前記操舵ト

ルクセンサが検出する操舵トルク信号の方向の一致／不一致を判定する第2方向判定手段と、前記第1方向判定手段および前記第2方向判定手段の判定結果が共に方向不一致の場合には前記アンダステア補正量出力手段を選択し、前記第1方向判定手段の判定結果が方向不一致で、かつ前記第2方向判定手段の判定結果が方向一致の場合には前記カウンタステア補正量出力手段を選択する選択手段と、を備えたことを特徴とする請求項1記載の電動パワーステアリング装置。

【請求項7】 前記補正手段は、前記アンダステア補正量出力手段からのアンダステア補正量に対応した減算補正信号で目標トルク信号を減算補正する減算補正手段と、角差信号の微分値の方向と操舵トルク信号の方向の一致／不一致を判定する第3方向判定手段と、この第3方向判定手段の判定結果が不一致の場合には前記オーバステア補正量出力手段もしくは前記カウンタステア補正量出力手段からのオーバステア補正量もしくはカウンタステア補正量に対応した加算補正信号で目標トルク信号を加算補正し、判定結果が一致の場合には前記オーバステア補正量出力手段もしくは前記カウンタステア補正量出力手段からのオーバステア補正量もしくはカウンタステア補正量に対応した減算補正信号で目標トルク信号を減算補正する加減算補正手段と、を備えたことを特徴とする請求項6記載の電動パワーステアリング装置。

【請求項8】 前記補正手段は、角差信号の変化量を演算する角差変化量演算手段と、この角差変化量演算手段からの角差変化信号に対応した角差変化係数を出力する角差変化係数発生手段と、を備え、角差変化係数でアンダステア補正量、オーバステア補正量およびカウンタステア補正量を補正することを特徴とする請求項6または請求項7記載の電動パワーステアリング装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は電動機の動力をステアリング系に直接作用させ、ドライバの操舵力の軽減を図る電動パワーステアリング装置に係り、特に路面反力の変化をドライバに知らせて適切な操舵を行わせる電動パワーステアリング装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来の電動パワーステアリング装置において、制御手段、電動機駆動手段、電動機を備え、ドライバがハンドルを操作することによって発生する操舵トルクに対応して制御手段で電動機を駆動するための目標トルク信号を発生し、この目標トルク信号に基づいて電動機の駆動を制御する電動機制御信号をブリッジ回路で構成された電動機駆動手段に供給し、電動機駆動手段を介して電動機をPWM (Pulse Width Modulation) 駆動し、電動機が発生する補助トルクをステアリング系に付加するよう構成されたものは知られている。

【0003】制御手段は、電動機に流れる電動機電流を

速やかに目標トルク信号に対応した電流と等しくするため、電動機電流に対応した信号を目標トルク信号にフィードバック（負帰還）させ、電動機の駆動が制御されるよう構成されている。

【0004】また、車速センサで検出した車速信号で目標トルク信号を補正し、車速が増加するにつれて目標トルク信号を減少させ、低車速時には充分大きな補助トルクをステアリング系に付加し、高車速時には小さな補助トルクをステアリング系に付加することより、低車速時のドライバの操舵力の軽減と高車速時の車両挙動の安定性が実現されている。

【0005】また、従来の電動パワーステアリング装置は、車両の横すべりが大きい時には、操舵トルクに対する補助トルクを少なくすることにより、路面からの路面反力を大きくして路面情報をハンドルを介してドライバに確実に伝達するものが特開平5-58318号公報に開示されている。

【0006】特開平5-58318号公報に開示されている従来の電動パワーステアリング装置は、車速センサ、操舵角センサ、横加速度センサを備え、車速センサが検出した車速 V と操舵角センサが検出した操舵角 θ とから、車両が外乱を受けない場合に車両に発生すると予測される基準横加速度 G_0 を決定し、横加速度センサが検出した実際に車両に加わる実横加速度 G_{act} と基準横加速度 G_0 の差の絶対値 $|G_{act}-G_0|$ が所定値 g より大きいかなかの判定を行い、大きい場合（ $|G_{act}-G_0|>g$ ）には車両の横すべりが大きいと見なして、予め設定された低 μ 路用のアシスト特性マップが選択され、小さい場合（ $|G_{act}-G_0|<g$ ）には車両の横すべりが小さいと見なして、予め設定された高 μ 路用のアシスト特性マップが選択され、操舵力に応じたアシスト量が制御されるものである。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】従来の電動パワーステアリング装置は、ドライバの操舵力に対応した補助トルクをステアリング系に付加する構成のため、車両挙動によって発生する微妙な路面反力の変化が抑制されてしまい、ドライバがハンドルを介して車両挙動を情報（インフォメーション）として正確に感じ取れない傾向にある。

【0008】この傾向は、操舵力の軽減による路面反力の低減化傾向とステアリングギヤ比のクイック（小舵角）化傾向とによって近年顕著になっている。

【0009】このような低路面反力の操舵フィーリングに対し、路面反力を正確に感じ取って車両挙動に対して正確なハンドル操作を行うことが、車両挙動の限界領域や緊急時の操作においてドライバに望まれている。

【0010】例えば、車両挙動の限界領域で車両がスピンしそうになった時に、いち早くドライバが車両挙動を把握して最適なハンドル操作をする必要がある。

【0011】ドライバが車両挙動を把握するには、車両挙動に伴う路面反力の変化を感知することが最も身近で有効な方法である。

【0012】特開平5-58318号公報に開示されている従来の電動パワーステアリング装置は、実際に車両に加わる実横加速度 G_{act} と車両が外乱を受けない場合の基準横加速度 G_0 の差に基づいて高 μ 路用、または低 μ 路用のアシスト特性マップが選択される構成であるが、基準横加速度 G_0 が路面摩擦係数 μ により異なるため基準横加速度 G_0 の設定が難しい。

【0013】路面摩擦係数 μ に対応した基準横加速度 G_0 を設定するために、摩擦係数（ μ ）センサを車両に搭載すればよいが、摩擦係数（ μ ）センサを用いても摩擦係数（ μ ）を正確に検出することは難しい。例えば、操舵角 θ に対して摩擦係数（ μ ）をパラメータとした横加速度 G は、操舵角 θ が所定の範囲までは線形特性であるが、操舵角 θ が所定の範囲を超えると非線形特性になってしまい、基準横加速度 G_0 が設定できない課題がある。

【0014】また、特開平5-58318号公報に開示されている従来の電動パワーステアリング装置は、実横加速度 G_{act} と基準横加速度 G_0 の差の絶対値 $|G_{act}-G_0|$ に基づいて車両の横滑りを判定するため、車両の横滑りが大きい小さいかは判定できるが、車両の横滑りがオーバステアによるものかアンダステアによるものの判定ができず、ハンドルを介してドライバに車両挙動を反力として正確に伝えることができない課題がある。

【0015】この発明はこのような課題を解決するためなされたもので、その目的は路面状態に対応した車両挙動のオーバステア状態またはアンダステア状態を検出し、オーバステア状態またはアンダステア状態に対応した操舵補助力をステアリング系に作用させることによってドライバに路面情報（反力）を伝え、ドライバの意志による最適なハンドル操作をすることができる電動パワーステアリング装置を提供することにある。

【0016】

【課題を解決するための手段】前記課題を解決するためこの発明に係る電動パワーステアリング装置は、制御手段に、前輪滑り角と後輪滑り角との差を推定する滑り角差推定手段と、この滑り角差推定手段からの角差信号に基づいて目標トルク信号を補正する補正手段とを備えたことを特徴とする。

【0017】この発明に係る電動パワーステアリング装置は、制御手段に、前輪滑り角と後輪滑り角との差を推定する滑り角差推定手段と、この滑り角差推定手段からの角差信号に基づいて目標トルク信号を補正する補正手段とを備えたので、車両挙動を角差信号から推定し、角差信号に対応した補正量で目標トルク信号を補正することができるので、路面反力の変化の影響を含めてステア

リング系に補助トルクを付加する電動機の駆動を制御することができる。

【0018】また、この発明に係る滑り角差推定手段は、前輪の切れ角を検出する切れ角センサが検出する切れ角信号、車速センサが検出する車速信号、ヨー角速度センサが検出するヨー角速度信号および車両の寸法パラメータに基づいて角差を演算することとを特徴とする。

【0019】この発明に係る滑り角差推定手段は、前輪の切れ角を検出する切れ角センサが検出する切れ角信号、車速センサが検出する車速信号、ヨー角速度センサが検出するヨー角速度信号および車両の寸法パラメータに基づいて角差を演算するので、実際に角差を検出するセンサを用いることなく、既存の車載センサを用いて角差を算出することができる。

【0020】さらに、この発明に係る補正手段は、アンダステア補正量を出力するアンダステア補正量出力手段と、オーバステア補正量を出力するオーバステア補正量出力手段と、滑り角差推定手段が検出する角差信号の方向とヨー角速度信号の方向の一致／不一致を判定する第1方向判定手段と、この第1方向判定手段からの判定信号が方向一致の場合にはオーバステア補正量出力手段を選択し、方向不一致の場合にはアンダステア補正量出力手段を選択する選択手段とを備えたことを特徴とする。

【0021】この発明に係る補正手段は、アンダステア補正量を出力するアンダステア補正量出力手段と、オーバステア補正量を出力するオーバステア補正量出力手段と、滑り角差推定手段が検出する角差信号の方向とヨー角速度信号の方向の一致／不一致を判定する第1方向判定手段と、この第1方向判定手段からの判定信号が方向一致の場合にはオーバステア補正量出力手段を選択し、方向不一致の場合にはアンダステア補正量出力手段を選択する選択手段とを備えたので、判定信号が検出する方向によって車両挙動がオーバステア領域かアンダステア領域かを判定し、ドライバにオーバステア領域かアンダステア領域かを反力としてハンドルを介して伝えるとともに、ステアリング系に作用する補助トルクを車両挙動に対応して補正をすることができる。

【0022】また、この発明に係る補正手段は、アンダステア補正量出力手段からのアンダステア補正量に対応した減算補正信号で目標トルク信号を減算補正する減算補正手段と、オーバステア補正量出力手段からのオーバステア補正量に対応した減算補正信号で目標トルク信号を減算補正する減算補正手段とを備えたことを特徴とする。

【0023】この発明に係る補正手段は、アンダステア補正量出力手段からのアンダステア補正量に対応した減算補正信号で目標トルク信号を減算補正する減算補正手段と、オーバステア補正量出力手段からのオーバステア補正量に対応した減算補正信号で目標トルク信号を減算補正する減算補正手段とを備えたので、アンダステア領

域では目標トルク信号からアンダステア補正量を減算補正して補助トルクを減少させてハンドルを介してドライバに反力を大きく伝達し、オーバステア領域では目標トルク信号にオーバステア補正量を減算補正させてハンドルを介してドライバに反力を大きく伝達することができる。また、オーバステア補正量およびアンダステア補正量をそれぞれ独自に設定することにより、オーバステア状態およびアンダステア状態のそれぞれに応じた最適な補正を行うことができる。

【0024】さらに、この発明に係る補正手段は、角差信号の変化量を演算する角差変化量演算手段と、この角差変化量演算手段からの角差変化信号に対応した角差変化係数を出力する角差変化係数発生手段とを備え、角差変化係数でアンダステア補正量およびオーバステア補正量を補正することを特徴とする。

【0025】この発明に係る補正手段は、角差信号の変化量を演算する角差変化量演算手段と、この角差変化量演算手段からの角差変化信号に対応した角差変化係数を出力する角差変化係数発生手段とを備え、角差変化係数でアンダステア補正量およびオーバステア補正量を補正するので、アンダステアまたはオーバステアの車両挙動が急激に変化しても、ハンドルを介してドライバに速やかに車両挙動、すなわち反力の変化を伝達することができる。

【0026】また、この発明に係る補正手段は、アンダステア補正量を出力するアンダステア補正量出力手段と、カウンタステア補正量を出力するカウンタステア補正量出力手段と、滑り角差推定手段が検出する角差信号の方向とヨー角速度センサが検出するヨー角速度信号の方向の一致／不一致を判定する第1方向判定手段と、滑り角差推定手段が検出する角差信号の方向と操舵トルクセンサが検出する操舵トルク信号の方向の一致／不一致を判定する第2方向判定手段と、第1方向判定手段および第2方向判定手段の判定結果が共に方向不一致の場合にはアンダステア補正量出力手段を選択し、第1方向判定手段の判定結果が方向不一致で、かつ第2方向判定手段の判定結果が方向一致の場合にはカウンタステア補正量出力手段を選択する選択手段とを備えたことを特徴とする。

【0027】この発明に係る補正手段は、アンダステア補正量を出力するアンダステア補正量出力手段と、カウンタステア補正量を出力するカウンタステア補正量出力手段と、滑り角差推定手段が検出する角差信号の方向とヨー角速度センサが検出するヨー角速度信号の方向の一致／不一致を判定する第1方向判定手段と、滑り角差推定手段が検出する角差信号の方向と操舵トルクセンサが検出する操舵トルク信号の方向の一致／不一致を判定する第2方向判定手段と、第1方向判定手段および第2方向判定手段の判定結果が共に方向不一致の場合にはアンダステア補正量出力手段を選択し、第1方向判定手段の

判定結果が方向不一致で、かつ第2方向判定手段の判定結果が方向一致の場合にはカウンタステア補正量出力手段を選択する選択手段とを備えたので、角差信号、ヨー角速度信号および操舵トルク信号の方向を判定することによって車両挙動がアンダステア状態かカウンタ過大状態かを判断するとともに、アンダステア状態またはカウンタ過大状態に対応した補正量を出力することができる。

【0028】さらに、この発明に係る補正手段は、アンダステア補正量出力手段からのアンダステア補正量に対応した減算補正信号で目標トルク信号を減算補正する減算補正手段と、角差信号の微分値の方向と操舵トルク信号の方向の一致／不一致を判定する第3方向判定手段と、この第3方向判定手段の判定結果が不一致の場合にはオーバステア補正量出力手段もしくはカウンタステア補正量出力手段からのオーバステア補正量もしくはカウンタステア補正量に対応した加算補正信号で目標トルク信号を加算補正し、判定結果が一致の場合にはオーバステア補正量出力手段もしくはカウンタステア補正量出力手段からのオーバステア補正量もしくはカウンタステア補正量に対応した減算補正信号で目標トルク信号を減算補正する加減算補正手段とを備えたことを特徴とする。

【0029】この発明に係る補正手段は、アンダステア補正量出力手段からのアンダステア補正量に対応した減算補正信号で目標トルク信号を減算補正する減算補正手段と、角差信号の微分値の方向と操舵トルク信号の方向の一致／不一致を判定する第3方向判定手段と、この第3方向判定手段の判定結果が不一致の場合にはオーバステア補正量出力手段もしくはカウンタステア補正量出力手段からのオーバステア補正量もしくはカウンタステア補正量に対応した加算補正信号で目標トルク信号を加算補正し、判定結果が一致の場合にはオーバステア補正量出力手段もしくはカウンタステア補正量出力手段からのオーバステア補正量もしくはカウンタステア補正量に対応した減算補正信号で目標トルク信号を減算補正する加減算補正手段とを備えたので、角差信号の微分値の方向と操舵トルク信号の方向を判定することによってオーバステア補正量もしくはカウンタステア補正量を目標トルク信号に加算したり、目標トルク信号からオーバステア補正量もしくはカウンタステア補正量を減算したりすることによってドライバにカウンタ操作量が大き過ぎるとか小さ過ぎるとかを反力で伝えることができる。

【0030】さらに、この発明に係る補正手段は、角差信号の変化量を演算する角差変化量演算手段と、この角差変化量演算手段からの角差変化信号に対応した角差変化係数を出力する角差変化係数発生手段とを備え、角差変化係数でアンダステア補正量、オーバステア補正量およびカウンタステア補正量を補正することを特徴とする。

【0031】この発明に係る補正手段は、角差信号の変

化量を演算する角差変化量演算手段と、この角差変化量演算手段からの角差変化信号に対応した角差変化係数を出力する角差変化係数発生手段とを備え、角差変化係数でアンダステア補正量、オーバステア補正量およびカウンタステア補正量を補正するので、アンダステア、オーバステアまたはカウンタステアの車両挙動が急激に変化しても、ハンドルを介してドライバに速やかに反力の変化として伝達することができる。

【0032】

【発明の実施の形態】以下、この発明の実施の形態を添付図面に基づいて説明する。なお、本発明は、アンダステア、オーバステアおよびカウンタ過大の車両挙動に対応した反力をハンドルを介してドライバに正確に伝え、それぞれの車両挙動に応じたドライバの好みのステアリング操作を補助するものである。

【0033】図1はこの発明に係る電動パワーステアリング装置の全体構成図である。図1において電動パワーステアリング装置1は、ステアリングホイール2、ステアリング軸3、ハイボイドギア4、ピニオン5aおよびラック軸5bなどからなるラック&ピニオン機構5、タイロッド6、操向車輪の前輪7、補助トルクをステアリング系に作用する電動機8、制御手段13、電動機駆動手段14、電動機電流検出手段15を備える。

【0034】また、電動パワーステアリング装置1は、車両に作用するヨー角速度を検出し、ヨー角速度に対応した電気信号に変換されたヨー角速度信号Yを検出するヨー角速度センサ9、前輪の切れ角を検出し、前輪の切れ角に対応した電気信号に変換された切れ角信号δを出力する切れ角センサ10、車速を検出し、車速に対応した電気信号に変換された車速信号Vを出力する車速センサ11、ステアリングホイール2に作用する操舵トルクを検出し、操舵トルクに対応した電気信号に変換された操舵トルク信号Tを出力する操舵トルクセンサ12を備える。なお、切れ角信号δはステアリング軸の操舵角から算出してもよい。

【0035】ヨー角速度信号Y、切れ角信号δ、操舵トルク信号Tは、それぞれ大きさと方向を有し、制御手段13に供給される。なお、ヨー角速度信号Y、切れ角信号δ、車速信号Vおよび操舵トルク信号Tの方向は、時計回り方向を正（プラス）とし、反時計回り方向を負（マイナス）とする。

【0036】ステアリングホイール2を操舵すると、ステアリング軸3に加えられる手動操舵トルクは、ラック&ピニオン機構5を介してピニオン5aの回転力がラック軸5bの軸方向の直線運動に変換され、タイロッド6を介して前輪7の操向を変化させる。

【0037】手動の操舵トルクをアシストするため、操舵トルク信号Tに対応して電動機8が駆動されると電動機トルクがハイボイドギア4を介して倍力された補助トルク（アシストトルク）に変換されてステアリング軸3

に作用し、ドライバの操舵力を軽減する。

【0038】制御手段13は、マイクロプロセッサを基本に各種演算手段、処理手段、判定手段、スイッチ手段、信号発生手段、メモリ等で構成し、操舵トルク信号Tに対応した目標トルク信号(IM_S)を発生し、この目標トルク信号(IM_S)と電動機電流検出手段15が検出した電動機電流IMに対応した電動機トルク信号IMFとの差(負帰還)に応じた電動機制御信号V0(例えば、オン信号、オフ信号およびPWM信号の混成信号)を発生し、この差が速やかに0となるように電動機駆動手段14の駆動を制御する。

【0039】また、制御手段13は、前後輪滑り角差推定手段、補正手段を備え、ヨー角速度信号Y、切れ角信号 δ 、車速信号Vおよび車両の寸法パラメータ(ホイールベース)に基づいて前輪の滑り角と後輪の滑り角の差(角差信号)を演算で推定し、この差(角差信号)の大きさに基づいてアンダステア領域、オーバステア領域およびカウンタ過大領域の補正量を決定し、この補正量で目標トルク信号(IM_S)を補正する。

【0040】さらに、制御手段13は、前輪の滑り角と後輪の滑り角の差(角差信号)の方向(P)、ヨー角速度信号Yの方向(N)および操舵トルク信号Tの方向(S)を比較することにより、車両の状態(車両挙動)がアンダステア領域、オーバステア領域またはカウンタ過大領域のいずれであるかを判定する。

【0041】電動機駆動手段14は、例えば4個のパワーFET(電界効果トランジスタ)、絶縁ゲート・バイポーラトランジスタ(IGBT)等のスイッチング素子からなるブリッジ回路で構成し、電動機制御信号V0に基づいてPWM(パルス幅変調)の電動機電圧VMを出力し、電動機8を正回転または反回転にPWM駆動する。

【0042】電動機電流検出手段15は、電動機8と直列に接続された抵抗器またはホール素子等で電動機電流IMを電圧に変換して検出し、電動機電流IMに対応した電動機トルク信号IMFを制御手段13にフィードバック(負帰還)する。

【0043】図2は本発明に係る電動パワーステアリング装置の基本要部ブロック構成図である。図2において、電動パワーステアリング装置1の制御手段13は、目標トルク信号設定手段21、補正手段17、差演算手段22、駆動制御手段23、滑り角差推定手段16を備える。

【0044】目標トルク信号設定手段21は、ROM等のメモリを備え、予め実験値または設計値に基づいて設定した車速Vをパラメータにした操舵トルク信号データTと目標トルク信号データIMDの対応データを記憶しておき、操舵トルクセンサ12が検出した操舵トルク信号Tおよび車速センサ11が検出した車速信号Vに基づいて対応する目標トルク信号データIMDを読み出し、目標

トルク信号IMDを補正手段17に供給する。

【0045】補正手段17は、ROM等のメモリ、ソフト制御の比較機能、切替機能、演算機能を備え、滑り角差に応じた補正量(アンダステア補正量、オーバステア補正量、カウンタステア補正量)を記憶しておき、滑り角差推定手段16で演算した前輪滑り角(β_f)と後輪滑り角(β_r)との差($\beta_f - \beta_r$)を推定した角差信号 β_{fr} に基づいて対応する補正量を発生し、目標トルク信号IMDを補正量で補正した目標トルク信号IMHを差演算手段22に供給する。

【0046】前輪滑り角(β_f)と後輪滑り角(β_r)との差が所定値以内の場合には、車両挙動が安定した通常走行時なので、補正手段17からの補正量も0となって補正手段17から出力される目標トルク信号IMHは目標トルク信号IMDと等しく($IMH = IMD$)なる。

【0047】一方、前輪滑り角(β_f)と後輪滑り角(β_r)との差が所定値を超える場合には、車両挙動が不安定なので、補正手段17からの補正量で目標トルク信号IMDを補正し、補正手段17から出力される目標トルク信号IMHは車両挙動に応じて目標トルク信号IMDに対して減算($IMH < IMD$)したり、加算($IMH > IMD$)したりする。

【0048】差演算手段22は、減算器または減算機能を備え、補正手段17から供給される目標トルク信号IMHと、電動機電流検出手段15から供給される電動機トルク信号IMFとの差 $\Delta I (= IMH - IMF)$ を演算し、差信号 $\Delta I (= IMH - IMF)$ を駆動制御手段23に供給する。

【0049】駆動制御手段23は、PIDコントローラ、電動機制御信号発生手段等を備え、差演算手段22から供給される差信号 ΔI に比例(P)、積分(I)および微分(D)制御を施した後、これら比例・積分・微分(PID)制御を施した信号を混合した混合信号に基づいてハンドルの右操舵または左操舵に対応したPWMの電動機制御信号V0を発生し、電動機制御信号V0を電動機駆動手段14に供給する。

【0050】滑り角差推定手段16は、メモリ、演算手段等を備え、車速信号V、ヨー角速度信号Y、前輪の切れ角に対応する切れ角信号 δ およびメモリに予め設定した車両の寸法パラメータ(例えば、ホイールベースL)に基づいて車両挙動を前輪滑り角(β_f)と後輪滑り角(β_r)との差 $\beta_{fr} (= \beta_f - \beta_r)$ を演算することによって推定し、この差 β_{fr} を角差信号 β_{fr} として補正手段17に提供する。

【0051】このように、制御手段13は、前輪滑り角(β_f)と後輪滑り角(β_r)との差 $\beta_{fr} (= \beta_f - \beta_r)$ を推定する滑り角差推定手段16と、この滑り角差推定手段16からの角差信号 β_{fr} に基づいて目標トルク信号IMDを補正する補正手段17とを備えたので、車両挙動を角差信号 β_{fr} から推定し、角差信号 β_{fr} に対応した補

正量で目標トルク信号IM0を補正し、反力の変化の影響を含めてステアリング系に補助トルクを付加する電動機の駆動を制御することができる。

【0052】図3はこの発明に係る制御手段の一実施の形態要部ブロック構成図である。図3において、制御手段13は、目標トルク信号設定手段21、車速係数発生手段18、車速係数発生手段19、乗算手段24、滑り角差推定手段16、補正手段17、差演算手段22を備える。

【0053】目標トルク信号設定手段21は、ROM等のメモリに予め図8に示す操舵トルク信号Tと目標トルク信号IMSの特性データを記憶しておき、操舵トルクセンサ12から操舵トルク信号Tが供給されると、対応する目標トルク信号IMSを読み出して乗算手段24に提供する。

【0054】車速係数発生手段18は、ROM等のメモリを備え、予め図9に示す車速信号Vと車速係数KTの特性データを記憶しておき、車速センサ11から車速信号Vが供給されると、対応する車速係数KTを読み出して乗算手段24に提供する。

【0055】乗算手段24は、ソフト制御の乗算機能を備え、目標トルク信号設定手段21から提供される目標トルク信号IMSと車速係数発生手段18から提供される車速係数KTとを乗算処理し、車速Vに応動した目標トルク信号IM0を補正手段17の減算手段37に供給する。

【0056】車速係数KTは、図9に示すように車速信号Vの増加に対して減少する特性を有するので、図8に示す目標トルク信号IM0を車速信号Vの増加に対して減少補正した目標トルク信号IM0として生成する。

【0057】車速係数発生手段19は、ROM等のメモリを備え、予め図10に示す車速信号Vと車速係数KRの特性データを記憶しておき、車速センサ11から車速信号Vが供給されると、対応する車速係数KRを読み出して補正手段17の乗算手段35および乗算手段36に提供する。

【0058】滑り角差推定手段16は、メモリ、演算機能を備え、車速信号V、ヨー角速度信号Y、切れ角信号 δ およびメモリに予め設定した車両の寸法パラメータL（例えば、ホイールベース）に基づいて数1から前輪滑り角（ β_f ）と後輪滑り角（ β_r ）との差 β_{fr} （ $=\beta_f - \beta_r$ ）を演算し、角差信号 β_{fr} を補正手段17の選択手段31、第1方向判定手段32および角差変化量演算手段39に供給する。

【0059】

$$【数1】\beta_{fr} = Y * L / V - \delta$$

【0060】なお、前輪滑り角（ β_f ）および後輪滑り角（ β_r ）は、タイヤの向きを基準としてタイヤの進行方向への角度を表わすので、時計回り方向へハンドルを切った場合、前輪タイヤの向きに対してタイヤの進行方

向は反時計回り方向となり、時計回り方向を正（プラス）とすると前輪滑り角（ β_f ）の方向は負（マイナス）となる。同様に、後輪滑り角（ β_r ）も負（マイナス）となり、角差信号 β_{fr} の方向（符号）は後輪滑り角（ β_r ）の絶対値 $|\beta_r|$ が前輪滑り角（ β_f ）の絶対値 $|\beta_f|$ 以上（ $|\beta_r| \geq |\beta_f|$ ）となるまでは、負（マイナス）で表わす。

【0061】また、第1方向判定手段32に供給するヨー角速度信号Yに代えて横加速度Gで代用してもよい。

【0062】このように、滑り角差推定手段16は、前輪の切れ角を検出する切れ角センサ10が検出する切れ角信号 δ 、車速センサ11が検出する車速信号V、ヨー角速度センサ9が検出するヨー角速度信号Yおよび車両の寸法パラメータLに基づいて角差 β_{fr} を演算するので、実際に角差を検出することなく、既存の車載センサを用いて角差 β_{fr} を算出することができる。

【0063】補正手段17は、選択手段31、第1方向判定手段32、アンダステア補正量出力手段33、オーバステア補正量出力手段34、乗算手段35、乗算手段36、減算補正手段を構成する減算手段37、減算手段41、角差変化量演算手段39、角差変化係数発生手段40を備える。

【0064】選択手段31は、ソフト制御のスイッチ機能を備え、第1方向判定手段32から供給される判定信号H0に基づいてスイッチを切り替え、滑り角差推定手段16から供給される角差信号 β_{fr} をアンダステア補正量出力手段33、またはオーバステア補正量出力手段34に供給する。

【0065】第1方向判定手段32は、符号比較機能を備え、滑り角差推定手段16から供給される角差信号 β_{fr} の方向信号Pと、ヨー角速度センサ9から供給されるヨー角速度信号Yの方向信号Nに基づいて、方向信号Pと方向信号Nが一致（符号が同一）する場合には、例えばHレベルの判定信号H0を選択手段31に供給し、方向信号Pと方向信号Nが異なる（符号が異なる）場合には、例えばLレベルの判定信号H0を選択手段31に供給する。

【0066】角差信号 β_{fr} の方向信号Pとヨー角速度信号Yの方向信号Nとが異なる（不一致）場合、例えばヨー角速度Yが時計回り方向であって、前輪の反時計回り方向滑り角（ β_f ）が後輪の反時計回り方向滑り角（ β_r ）よりも大きいような場合には、ヨー角速度信号Yの方向信号Nがプラス（+）で角差信号 β_{fr} の方向信号Pがマイナス（-）となり、車両挙動のアンダステア領域と判定して選択手段31はアンダステア補正量出力手段33を選択する。

【0067】一方、角差信号 β_{fr} の方向信号Pとヨー角速度信号Yの方向信号Nとが同じ（一致）場合、例えばヨー角速度Yが時計回り方向であって、後輪の反時計回り方向滑り角（ β_r ）が前輪の反時計回り方向滑り角

(βf) よりも大きいような場合には、ヨー角速度信号 Y の方向信号 N がプラス (+) で角差信号 βfr の方向信号 P がプラス (+) となり、車両挙動のオーバステア領域と判定して選択手段 31 はオーバステア補正量出力手段 34 を選択する。

【0068】車両挙動の強いアンダステア領域とは、現在の操舵状態からこれ以上ハンドルを切込んでも車両がこれ以上曲らない状態であり、ドライバに反力を強く感じさせてハンドルを戻した方が良いことを知らせる操舵領域である。

【0069】なお、弱いアンダステア領域では路面反力の補正は不要であるので、図 11 に示すように角差信号 βfr に対するアンダステア補正量 DA の不感帯領域を大きく設定している。

【0070】一方、車両の強いオーバステア領域とは、そのままでは車両がスピンする虞のある状態であり、ドライバに反力を強く感じさせてカウンタステアを行い易くしている。

【0071】アンダステア補正量出力手段 33 は、ROM 等のメモリを備え、予め図 11 に示す角差信号の絶対値 $|\beta fr|$ とアンダステア補正量 DA との特性データを記憶しておき、選択手段 31 から角差信号 βfr が供給されると、対応するアンダステア補正量 DA を読み出し、アンダステア補正量信号 DA を乗算手段 35 に供給する。

【0072】オーバステア補正量出力手段 34 は、ROM 等のメモリを備え、予め図 12 に示す角差信号の絶対値 $|\beta fr|$ とオーバステア補正量 D0 との特性データを記憶しておき、選択手段 31 から角差信号 βfr が供給されると、対応するオーバステア補正量 D0 を読み出し、オーバステア補正量信号 D0 を乗算手段 36 に供給する。

【0073】このように、補正手段 17 は、アンダステア補正量 DA を出力するアンダステア補正量出力手段 33 と、オーバステア補正量 D0 を出力するオーバステア補正量出力手段 34 と、滑り角差推定手段 16 が検出する角差信号 βfr の方向 P とヨー角速度信号 Y の方向 N の一致/不一致を判定する第 1 方向判定手段 32 と、この第 1 方向判定手段 32 からの判定信号 H0 が方向不一致の場合にはアンダステア補正量出力手段 33 を選択し、方向一致の場合にはオーバステア補正量出力手段 34 を選択する選択手段 31 とを備えたので、判定信号 H0 が検出する方向によって車両挙動がアンダステア領域かオーバステア領域かを判定し、車両挙動に対応した目標トルク信号 IMS を補正をすることができる。そして、アンダステア補正量、オーバステア補正量は、図 11、図 12 に示すように不感帯をそれぞれ独自に設定しているので、アンダステア状態またはオーバステア状態に応じた最適な補正を行うことができる。

【0074】乗算手段 35 は、ソフト制御の乗算機能を

備え、車速係数 KR、アンダステア補正量信号 DA および角差変化係数 KV を乗算処理し、減算補正信号としてのアンダステア補正量信号 IDA ($= KR * KV * DA$) を減算手段 37 に供給する。

【0075】アンダステア補正量信号 IDA は、図 11 示すアンダステア補正量 DA を図 10 に示す車速係数 KR で補正するので、低車速領域ではアンダステア補正量 DA を 0 として補正を行わず、中車速から高車速領域ではアンダステア補正量 DA の特性と同じに設定することができる。

【0076】乗算手段 36 は、ソフト制御の乗算機能を備え、車速係数 KR、オーバステア補正量信号 D0 および角差変化係数 KV を乗算処理し、減算補正信号としてのオーバステア補正量信号 ID0 ($= KR * KV * D0$) を減算手段 41 に供給する。

【0077】オーバステア補正量信号 ID0 は、図 12 に示すオーバステア補正量 D0 を図 10 に示す車速係数 KR で補正するので、低車速領域ではオーバステア補正量 D0 を 0 として補正を行わず、中車速から高車速領域ではオーバステア補正量 D0 の特性と同じに設定することができる。なお、オーバステア補正量 D0 は、アンダステア補正量 DA に比べ、不感帯を狭く傾きも小さく設定する。

【0078】減算手段 37 は、ソフト制御の減算機能を備え、アンダステア領域で動作する減算補正手段を構成し、乗算手段 24 から供給される目標トルク信号 IM0 と乗算手段 35 から供給される減算補正信号であるアンダステア補正量信号 IDA ($= KR * KV * DA$) の差 ($= IM0 - IDA$) を演算し、新たな目標トルク信号 IMA ($= IM0 - IDA$) を減算手段 41 を介し、目標トルク信号 IMH として差演算手段 22 に供給する。なお、アンダステア補正量信号 IDA が出力されている場合には、オーバステア補正量信号 ID0 は出力されない ($ID0 = 0$) ため、目標トルク信号 IMH は目標トルク信号 IMA 等しく ($IMH = IMA$) なる。

【0079】減算手段 41 は、ソフト制御の減算機能を備え、オーバステア領域で動作する減算補正手段を構成し、乗算手段 24 から供給される目標トルク信号 IM0 と乗算手段 36 から供給される減算補正信号であるオーバステア補正量信号 ID0 ($= KR * KV * D0$) の差 ($= IM0 - ID0$) を演算し、新たな目標トルク信号 IMH として差演算手段 22 に供給する。

【0080】このように、補正手段 17 は、アンダステア補正量出力手段 33 からのアンダステア補正量 DA に対応した減算補正信号 IDA で目標トルク信号 IM0 を減算補正する減算補正手段 37 と、オーバステア補正量出力手段 34 からのオーバステア補正量 D0 に対応した減算補正信号 ID0 で目標トルク信号 IM0 を減算補正する減算補正手段 41 とを備えたので、ハンドルを介してドライバにアンダステア領域では目標トルク信号 IM0 から減算

補正信号IDAを減算補正して補助トルクを減少させて反力を大きく伝達し、オーバステア領域では目標トルク信号IMOから減算補正信号IDOを減算補正させて反力を大きく伝達することができる。

【0081】角差変化量演算手段39は、微分演算機能を備え、滑り角差推定手段16から供給される角差信号 β_{fr} に微分演算を施し、角差変化量信号DV($=d\beta_{fr}/dt$)を角差変化係数発生手段40に供給する。

【0082】角差変化係数発生手段40は、ROM等のメモリを備え、予め図14に示す角差変化量DVと角差変化係数KVの特性データを記憶しておき、角差変化量信号DVが供給されると、対応した角差変化係数KVを読み出して乗算手段35および乗算手段36に供給する。

【0083】角差変化量DVは、角差信号 β_{fr} の変化を表し、したがって車両挙動の時間的な変化を表わすので、車両挙動の急激な変化に対応したアンダステア補正量信号IDA($=KR*KV*DA$)またはオーバステア補正量信号IDO($=KR*KV*D0$)を発生することができる。

【0084】このように、補正手段17は、角差信号 β_{fr} の変化量DVを演算する角差変化量演算手段39と、この角差変化量演算手段39からの角差変化信号DVに対応した角差変化係数KVを出力する角差変化係数発生手段40とを備え、角差変化係数KVでアンダステア補正量DAおよびオーバステア補正量D0を補正するので、車両挙動が急激な変化をしても、ハンドルを介してドライバに反力の急な変化を伝達することができる。

【0085】図4はこの発明に係る補正手段の別実施の形態要部ブロック構成図である。なお、本発明はアンダステア状態、オーバステア状態に加え、カウンタ過大状態も判定して各車両挙動に対応した補正をするものである。

【0086】図4において、補正手段50は、図3に示す選択手段31、第1方向判定手段32、アンダステア補正量出力手段33、オーバステア補正量出力手段34、乗算手段35、乗算手段36、加減算補正手段を構成する減算手段37および加算手段38、角差変化量演算手段39、角差変化係数発生手段40に加え、選択手段51、第2方向判定手段52、カウンタステア補正量出力手段53、第3方向判定手段54、選択手段55、加算手段56、加算手段57を備える。

【0087】選択手段31、第1方向判定手段32、アンダステア補正量出力手段33、オーバステア補正量出力手段34、乗算手段35、乗算手段36、減算補正手段を構成する減算手段37、角差変化量演算手段39、角差変化係数発生手段40は、既に図3で説明したので詳しい説明を省略し、必要に応じて説明に入れる。

【0088】選択手段51は、ソフト制御のスイッチ機能を備え、第2方向判定手段52から供給される判定信号H02に基づいてスイッチを切り替え、選択手段31か

ら供給される角差信号 β_{fr} をアンダステア補正量出力手段33、またはカウンタステア補正量出力手段53に供給する。

【0089】第2方向判定手段52は、符号比較機能を備え、滑り角差推定手段16から供給される角差信号 β_{fr} の方向信号Pと、操舵トルクセンサ12から供給される操舵トルク信号Tの方向信号Sに基づいて、方向信号Pと方向信号Sが一致(符号が同一)する場合には、例えばHレベルの判定信号H02を選択手段51に供給し、方向信号Pと方向信号Sが異なる(符号が異なる)場合には、例えばLレベルの判定信号H02を選択手段51に供給する。

【0090】角差信号 β_{fr} の方向信号Pと操舵トルク信号Tの方向信号Sとが異なる(不一致)場合、例えば操舵トルク信号Tが時計回り方向であって、前輪の反時計回り方向滑り角(β_f)が後輪の反時計回り方向滑り角(β_r)よりも大きいような場合には、操舵トルク信号Tの方向信号Sがプラス(+)で角差信号 β_{fr} の方向信号Pがマイナス(-)となり、車両挙動のアンダステア領域と判定して選択手段51はアンダステア補正量出力手段33を選択する(破線表示)。

【0091】一方、角差信号 β_{fr} の方向信号Pと操舵トルク信号Tの方向信号Sとが同じ(一致)場合、例えば操舵トルク信号Tが時計回り方向であって、後輪の反時計回り方向滑り角(β_r)が前輪の反時計回り方向滑り角(β_f)よりも大きいような場合には、操舵トルク信号Tの方向信号Sがプラス(+)で角差信号 β_{fr} の方向信号Pがプラス(+)となり、車両挙動のカウンタ過大領域と判定して選択手段51はカウンタステア補正量出力手段53を選択する(実線表示)。

【0092】ただし、第1方向判定手段32と選択手段31は、図3で説明したと同様に、例えばヨー角速度Yが時計回り方向であって、前輪の反時計回り方向滑り角(β_f)が後輪の反時計回り方向滑り角(β_r)よりも大きいような場合には、ヨー角速度信号Yの方向信号Nがプラス(+)で角差信号 β_{fr} の方向信号Pがマイナス(-)となり、選択手段31は選択手段51を選択(破線表示)し、選択手段51は上述した第2方向判定手段52の判定結果によってアンダステア補正量出力手段33またはカウンタステア補正量出力手段53を選択する。

【0093】また、第1方向判定手段32と選択手段31は、図3で説明したと同様に、角差信号 β_{fr} の方向信号Pとヨー角速度信号Yの方向信号Nとが同じ(一致)場合、例えばヨー角速度Yが時計回り方向であって、後輪の反時計回り方向滑り角(β_r)が前輪の反時計回り方向滑り角(β_f)よりも大きいような場合には、ヨー角速度信号Yの方向信号Nがプラス(+)で角差信号 β_{fr} の方向信号Pがプラス(+)となり、車両挙動のオーバステア領域と判定して選択手段31はオーバステア補

正量出力手段34を選択する(実線表示)。

【0094】カウンタステア補正量出力手段53は、ROM等のメモリを備え、予め図13に示す角差信号の絶対値 $|\beta_{fr}|$ とカウンタステア補正量DCとの特性データを記憶しておき、選択手段51から角差信号 β_{fr} が供給されると、対応するカウンタステア補正量DCを読み出し、カウンタステア補正量信号DCを加算手段57を介して選択手段55に供給する。

【0095】このように、補正手段50は、第1方向判定手段32で角差信号 β_{fr} の方向信号Pとヨー角速度信号Yの方向信号Nとが不一致と判定し、かつ第2方向判定手段52で角差信号 β_{fr} の方向信号Pと操舵トルク信号Tの方向信号Sとが不一致と判定した場合には、車両挙動がアンダステア状態であると判定してアンダステア補正量出力手段33を選択する。

【0096】また、補正手段50は、第1方向判定手段32で角差信号 β_{fr} の方向信号Pとヨー角速度信号Yの方向信号Nとが不一致と判定し、かつ第2方向判定手段52で角差信号 β_{fr} の方向信号Pと操舵トルク信号Tの方向信号Sとが一致と判定した場合には、車両挙動がカウンタ過大状態と判定してカウンタステア補正量出力手段53を選択する。

【0097】第3方向判定手段54は、符号比較機能を備え、角差変化量演算手段39から供給される角差変化量信号DV($=d\beta_{fr}/dt$)の方向信号Dと操舵トルク信号Tの方向信号Sとに基づいて、方向信号Dと方向信号Sが一致(符号が同一)する場合には、例えばHレベルの判定信号H03を選択手段55に供給し、方向信号Dと方向信号Sが異なる(符号が異なる)場合には、例えばLレベルの判定信号H03を選択手段55に供給する。なお、角差変化量信号DVの方向信号Dは、角差信号 β_{fr} が正(+)で、かつ絶対値 $|\beta_{fr}|$ が増加する時は正(+)とし、絶対値 $|\beta_{fr}|$ が減少する時は負(-)とする。また、角差変化量信号DVの方向信号Dは、角差信号 β_{fr} が負(-)で、かつ絶対値 $|\beta_{fr}|$ が増加する時は正(+)とし、絶対値 $|\beta_{fr}|$ が減少する時は負(-)とする。

【0098】角差変化量信号DV($=d\beta_{fr}/dt$)の方向信号Dと操舵トルク信号Tの方向信号Sとが不一致(符号が異なる)となる場合には、選択手段55が乗算手段36を選択(実線表示)し、カウンタステア補正量DCもしくはオーバステア補正量D0を乗算手段36に供給する。

【0099】一方、角差変化量信号DV($=d\beta_{fr}/dt$)の方向信号Dと操舵トルク信号Tの方向信号Sとが一致(符号が同一)する場合には、選択手段55が加算手段56を選択(破線表示)し、カウンタステア補正量DCもしくはオーバステア補正量D0を加算手段56に供給する。

【0100】加算手段56に供給されたカウンタステア

補正量DCは、乗算手段35で車速係数KRおよび角差変化係数KVが乗算され、減算補正信号であるカウンタステア補正量信号IDC($=KR \cdot KV \cdot DC$)が減算手段37に供給される。

【0101】また、乗算手段36に供給されたカウンタステア補正量DCもしくはオーバステア補正量D0は、車速係数KRおよび角差変化係数KVが乗算され、加算補正信号であるカウンタステア補正量信号IDC($=KR \cdot KV \cdot DC$)もしくはオーバステア補正量信号ID0($=KR \cdot KV \cdot D0$)が加算手段である加算手段38に供給される。

【0102】以上のことから、角差変化量信号DV($=d\beta_{fr}/dt$)の方向信号Dと操舵トルク信号Tの方向信号Sとが一致(符号が同じ)となり、オーバステア状態が収束方向に向かう場合には、これ以上のカウンタステアを必要としないため、目標トルク信号IM0からカウンタステア補正量信号IDC($=KR \cdot KV \cdot DC$)もしくはオーバステア補正量信号ID0($=KR \cdot KV \cdot D0$)を減算補正して目標トルク信号IMH($=IM0 - IDC$, $IM0 - ID0$)を出力し、ドライバにハンドルを介して大きな反力を伝える。

【0103】また、角差変化量信号DV($=d\beta_{fr}/dt$)の方向信号Dと操舵トルク信号Tの方向信号Sとが不一致(符号が異なる)し、オーバステア状態が発散方向に向かう場合には、目標トルク信号IM0にカウンタステア補正量信号IDC($=KR \cdot KV \cdot DC$)もしくはオーバステア補正量信号ID0($=KR \cdot KV \cdot D0$)を加算補正して目標トルク信号IMH($=IM0 + IDC$, $IM0 + ID0$)を出力し、ドライバにハンドルを介して小さな反力を伝え、カウンタステアを促す。

【0104】また、アンダステア状態およびオーバステア状態については、図3で説明した内容と同一なので説明を省略する。

【0105】なお、加算手段56を用いてアンダステア補正量信号DAとカウンタステア補正量信号IDCを加算し、乗算手段36で車速係数KRおよび角差変化係数KVを乗算するよう構成したが、加算手段56に代えてカウンタステア補正量信号IDCと車速係数KRおよび角差変化係数KVを乗算する乗算手段を設けてカウンタステア補正量信号IDC($=KR \cdot KV \cdot DC$)を形成するとともに、目標トルク信号IM0からカウンタステア補正量信号IDCを減算補正する減算手段を設けて目標トルク信号IMH($=IM0 - IDC$)を出力するよう構成してもよい。

【0106】このように、この発明に係る補正手段50は、角差信号 β_{fr} の方向信号Pとヨー角速度信号Yの方向信号Nの一致/不一致を判定する第1方向判定手段32と、角差信号 β_{fr} の方向信号Pと操舵トルク信号Tの方向信号Sの一致/不一致を判定する第2方向判定手段52と、第1方向判定手段32および第2方向判定手段52の判定結果が共に方向不一致の場合にはアンダステア

ア補正量出力手段33を選択し、第1方向判定手段32の判定結果が方向不一致で、かつ第2方向判定手段52の判定結果が方向一致の場合にはカウンタステア補正量出力手段53を選択する選択手段31、51とを備えたので、角差信号 β_{fr} 、ヨー角速度信号Yおよび操舵トルク信号Tの方向を判定することによって車両挙動がアンダステア状態かカウンタ過大状態かを判断するとともに、アンダステア状態またはカウンタ過大状態に対応した補正量DA、DCを出力することができる。

【0107】また、この発明に係る補正手段50は、角差信号 β_{fr} の微分値DVの方向信号Dと操舵トルク信号Tの方向信号Sの一致/不一致を判定する第3方向判定手段54と、この第3方向判定手段54の判定結果が不一致の場合にはオーバステア補正量出力手段34もしくはカウンタステア補正量出力手段53からのオーバステア補正量D0もしくはカウンタステア補正量DCに対応した加算補正信号（オーバステア補正量信号ID0もしくはカウンタステア補正量信号IDC）で目標トルク信号IM0を加算補正し、判定結果が一致の場合にはオーバステア補正量出力手段34もしくはカウンタステア補正量出力手段53からのオーバステア補正量D0もしくはカウンタステア補正量DCに対応した減算補正信号（オーバステア補正量信号ID0もしくはカウンタステア補正量信号IDC）で目標トルク信号IM0を減算補正する加減算補正手段37、38とを備えたので、角差信号 β_{fr} の微分値DVの方向信号Dと操舵トルク信号Tの方向信号Sを判定することによってオーバステア補正量D0もしくはカウンタステア補正量DCを目標トルク信号IM0に加算したり、目標トルク信号IM0からオーバステア補正量D0もしくはカウンタステア補正量DCを減算したりすることによってドライバにカウンタ操作が大き過ぎるとか小さ過ぎるとかを反力で伝えることができる。

【0108】さらに、この発明に係る補正手段50は、角差信号 β_{fr} の変化量DVを演算する角差変化量演算手段39と、この角差変化量演算手段39からの角差変化信号DVに対応した角差変化係数KVを出力する角差変化係数発生手段40とを備え、角差変化係数KVでアンダステア補正量DA、オーバステア補正量D0およびカウンタステア補正量DCを補正するので、アンダステアまたはオーバステアの車両挙動が急激に変化しても、ハンドルを介してドライバに速やかに反力の変化として伝達することができる。

【0109】図5は図4に対応した補正手段の動作フロー図である。ステップS1では第1方向判定手段32が角差信号の方向Pとヨー角速度信号の方向Nの一致/不一致の判定を行い、一致の場合にはステップS2に移行して選択手段31がオーバステア補正量D0を選択した後にステップS6に移行し、不一致の場合にはステップS3に移行して第2方向判定手段52が角差信号の方向Pと操舵トルクの方向Sの一致/不一致の判定を行う。

【0110】ステップS3で方向が一致の場合にはステップS4に移行して選択手段51がカウンタステア補正量DCを選択した後、ステップS6に移行する。一方、ステップS3で方向が不一致の場合にはステップS5に移行して選択手段51がアンダステア補正量DAを選択した後、ステップS9に移行する。

【0111】ステップS6では第3方向判定手段54が角差信号の微分値の方向Dと操舵トルク信号の方向Sの一致/不一致の判定を行い、不一致の場合には選択手段55の選択によりステップS7に移行し、一致の場合には選択手段55の選択によりステップS9に移行する。

【0112】ステップS7ではオーバステア補正量D0またはカウンタステア補正量DCに車速係数KRと角差変化係数KVを乗算処理して補正量ID0または補正量IDCを発生した後、ステップS8に移行して目標トルク信号IM0に補正量ID0または補正量IDCを加算補正する。

【0113】ステップS9ではアンダステア補正量DA、オーバステア補正量D0またはカウンタステア補正量DCに車速係数KRと角差変化係数KVを乗算処理して補正量IDA、補正量ID0または補正量IDCを発生した後、ステップS10に移行して目標トルク信号IM0から補正量IDA、補正量IDCまたは補正量IDCを減算補正する。

【0114】図6は図4の補正手段を備えた電動パワーステアリング装置を搭載した車両の実舵角 θ —前後輪滑り角差 β_{fr} のリサーチ図である。図6において、実舵角 θ 座標は紙面右方向が操舵角 θ が時計回り方向（+）とし、前後輪滑り角差 β_{fr} 座標は前輪滑り角 β_f が後輪滑り角 β_r よりも大きい時をマイナス（-）として表わす。

【0115】実舵角 θ 座標と前後輪滑り角差 β_{fr} 座標の交点の実舵角 θ および前後輪滑り角差 β_{fr} が共に0で走行中の車両は直進状態にある。この状態から実舵角 θ を時計回り方向に（+方向）増加させるに従い、前後輪滑り角差 β_{fr} はマイナス（-）方向に増加して車両は直進状態を保つ。

【0116】この状態（座標第4象限）では、実舵角 θ の増加に対して前輪滑り角 β_f が後輪滑り角 β_r より増加する傾向にあり、前輪の滑りが大きいアンダステア領域を形成する。なお、アンダステア領域は、前後輪滑り角差 β_{fr} が0近傍では弱アンダステア領域と称し、前後輪滑り角差 β_{fr} が大きくなる範囲をアンダステア過大領域と称する。

【0117】また、実舵角 θ および前後輪滑り角差 β_{fr} が共に0の状態から操舵角 θ を増加させても前後輪滑り角差 β_{fr} が0近傍にある状態をニュートラルステア領域と称する。

【0118】ニュートラルステア領域から前後輪滑り角差 β_{fr} がプラス（+）に移行（後輪滑り角 β_r が前輪滑り角 β_f よりも大きく後輪が滑る状態）すると、オーバステア領域（座標第1象限）に入り、オーバステアが継

続して後輪滑り角 β_r が大きくなると車両はスピンすることになる。

【0119】車両のスピンを回避するため、ハンドルを反時計回り方向に操作して実舵角 θ を反時計回り方向に（一方向）に増加させ、後輪の滑りを抑えて後輪滑り角 β_r 小さくコントロールすることによって座標第2象限で車両を直進状態に復帰させることができる。この領域（座標第2象限）をカウンタステア領域と称する。

【0120】ただし、カウンタステアを過大にすると、車両は直進ラインを外れて半径から遠ざかってしまう問題を生じる。さらに、初めのカウンタステアを大きくすると車両を直進ラインに乗せるために、ハンドルの時計回り方向および反時計回り方向を何度も繰り返さなければならず、車両挙動がぎくしゃくしたものになる。

【0121】図4で説明した補正手段50を適用することにより、車両のアンダステア状態、オーバステア状態およびカウンタ過大状態をドライバにハンドルを介して路面反力として伝えることにより、ドライバは図6で説明した車両挙動（ドリフト走行時）の制御を大幅に改善することができる。

【0122】図7はこの発明に係る電動パワーステアリング装置を搭載した車両でのドリフト走行説明図である。図7において、半径Rのカーブをドリフト走行して車両の進路を変更する際の動作を説明する。

【0123】車両が直進している状態（ Φ ）からハンドルを右（時計回り方向）に操作すると、前輪滑り角 β_f が後輪滑り角 β_r よりも大きくなってアンダステア状態（ Θ および Ψ ）となる。さらに、ハンドルを右（時計回り方向）に操作すると、後輪滑り角 β_r が前輪滑り角 β_f よりも大きくなって車両はオーバステア状態（ Θ ）に入る。

【0124】オーバステア状態が継続して後輪滑り角 β_r が前輪滑り角 β_f よりも更に大きくなると、車両はスピンしてしまうので、補助トルクを小さくしてドライバに大きな反力を伝える。

【0125】ドライバは、ハンドルを介して補助トルクが小さく、かつ大きな反力を感知し、ハンドルを左（反時計方向）に操作すると、車両はカウンタステア状態（ Θ ）になって補助トルクを小さくしてドライバに大きな路面反力を伝える。

【0126】この時、ドライバが必要以上の反時計方向のハンドル操作を行うと、前輪滑り角 β_f が後輪滑り角 β_r よりも大きくなり、かつ操舵トルクの方向が反時計方向であるため、補助トルクが大きく路面反力が小さなカウンタステア過大状態となってこのままハンドル操作を続けると車両はコーナから外側に向かって進行してしまう。

【0127】この状態を回避するため、ドライバが時計方向にハンドルを操作すると、後輪滑り角 β_r が前輪滑り角 β_f よりも大きくなって車両はカウンタステア過大

状態から再度オーバステア状態なる。

【0128】このように、最初に大きなカウンタステア過大状態に入ると、リカバリが難しく車両挙動（ドリフト走行）が不安定になる。

【0129】従って、カウンタステアは前輪滑り角 β_f を徐々に後輪滑り角 β_r に近付け、最終的に等しくなるようにハンドル操作（ $\Theta \sim \Theta$ ）をし、車両を直進状態（ Φ ）にしてコーナを抜けるようにする。

【0130】

【発明の効果】以上説明したようにこの発明に係る電動パワーステアリング装置は、制御手段に、前輪滑り角と後輪滑り角との差を推定する滑り角差推定手段と、この滑り角差推定手段からの角差信号に基づいて目標トルク信号を補正する補正手段とを備え、車両挙動を角差信号から推定し、角差信号に対応した補正量で目標トルク信号を補正し、路面反力の変化の影響を含めてステアリング系に補助トルクを付加する電動機の駆動を制御するので、車両の通常走行時にはドライバに軽快な操舵フィーリングを与え、車両挙動が不安定なアンダステア領域やオーバステア領域ではドライバに路面反力を伝達して車両挙動に対して最適なハンドル操作をさせることができる。

【0131】また、この発明に係る滑り角差推定手段は、前輪の切れ角を検出する切れ角センサが検出する切れ角信号、車速センサが検出する車速信号、ヨー角速度センサが検出するヨー角速度信号および車両の寸法パラメータに基づいて角差を演算し、実際に角差を検出することなく、既存の車載センサを用いて角差を算出することができ、また演算に微分処理回路を含んでいないので、ノイズが混入することなく、正確な滑り角差を推定することができる。

【0132】さらに、この発明に係る補正手段は、判定信号が検出する方向によって車両挙動がアンダステア領域かオーバステア領域かを判定し、車両挙動に対応した補正をするので、ドライバはアンダステアにあるかオーバステアにあるかによって車両挙動を正確に認識することができる。

【0133】また、この発明に係る補正手段は、アンダステア領域では目標トルク信号を減算補正して補助トルクを減少させて反力を大きく伝達し、オーバステア領域では目標トルク信号を減算補正して反力を小さく伝達することができる、またその特性を別々に設定できるので、ドライバは車両挙動を感知し、ドライバの意志で車両挙動に対応した最適なハンドル操作を実行することができる。

【0134】さらに、この発明に係る補正手段は、角差変化係数でアンダステア補正量およびオーバステア補正量を補正するので、車両挙動の急激な変化に対しても応答性の速い的確な操舵を実現することができる。

【0135】また、この発明に係る補正手段は、角差信

号、ヨー角速度信号および操舵トルク信号の方向を判定することによって車両挙動がアンダステア状態かカウンタ過大状態かを判断するとともに、アンダステア状態またはカウンタ過大状態に対応した補正量を出力することができるので、ドリフト走行のような車両挙動の限界領域であってもドライバの能力を最適に発揮させることができる。

【0136】さらに、この発明に係る補正手段は、角差信号の微分値の方向と操舵トルク信号の方向を判定することによってオーバステア補正量もしくはカウンタステア補正量を目標トルク信号に加算したり、目標トルク信号から減算したりすることによってドライバにカウンタ操作量が大き過ぎるとか小さ過ぎるとかを反力で伝えることができるので、ドリフト走行のような車両挙動の限界領域であってもドライバの能力を限界まで発揮させることができる。

【0137】また、この発明に係る補正手段は、角差変化係数でアンダステア補正量、オーバステア補正量およびカウンタステア補正量を補正するので、アンダステア、オーバステアまたはカウンタステアの車両挙動が急激に変化しても、ハンドルを介してドライバに速やかに反力の変化として伝達することができるので、ドリフト走行等の車両挙動の限界領域であっても速やかに対応することができる。

【0138】よって、検出が難しい路面摩擦係数に基づいて基準横加速度を設定することなく、摩擦係数をパラメータとした横加速度Gが非線形領域であっても、アンダステア、オーバステアおよびカウンタ過大等の車両挙動の限界領域でもドライバが正確に感知し、ドライバが好む最適の操舵ができる電動パワーステアリング装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明に係る電動パワーステアリング装置の全体構成図

【図2】本発明に係る電動パワーステアリング装置の基

本要部ブロック構成図

【図3】この発明に係る制御手段の一実施の形態要部ブロック構成図

【図4】この発明に係る補正手段の別実施の形態要部ブロック構成図

【図5】図4の補正手段に対応した動作フロー図

【図6】図4の補正手段を備えた電動パワーステアリング装置を搭載した車両の実舵角 θ —前後輪滑り角差 β_{fr} のリサージュ図

【図7】この発明に係る電動パワーステアリング装置を搭載した車両でのドリフト走行説明図

【図8】操舵トルク信号T—目標トルク信号IMS特性図

【図9】車速信号V—車速係数KT特性図

【図10】車速信号V—車速係数KR特性図

【図11】角差信号 β_{fr} —アンダステア補正量DA特性図

【図12】角差信号 β_{fr} —オーバステア補正量D0特性図

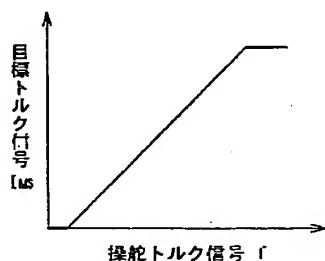
【図13】角差信号 β_{fr} —カウンタステア補正量DC特性図

【図14】角差変化量DV—角差変化係数KVの特性図

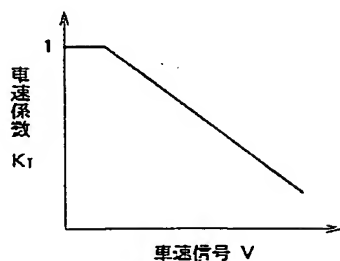
【符号の説明】

1…電動パワーステアリング装置、2…ステアリングホイール、9…ヨー角速度センサ、10…切れ角センサ、11…車速センサ、12…操舵トルクセンサ、13…制御手段、16…滑り角差推定手段、17…補正手段、18…車速係数発生手段、19…車速係数発生手段、21…目標トルク信号設定手段、31、51、55…選択手段、32…方向判定手段、33…アンダステア補正量出力手段、34…オーバステア補正量出力手段、35…乗算手段、36…乗算手段、37、41…減算手段、38、56、57…加算手段、39…角差変化量演算手段、40…角差変化係数発生手段、52…第2方向反転手段、53…カウンタステア補正量出力手段、54…第3方向判定手段。

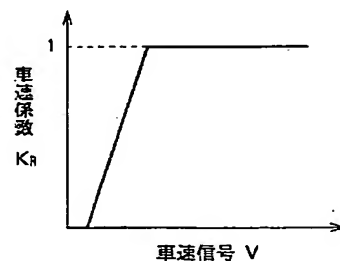
【図8】



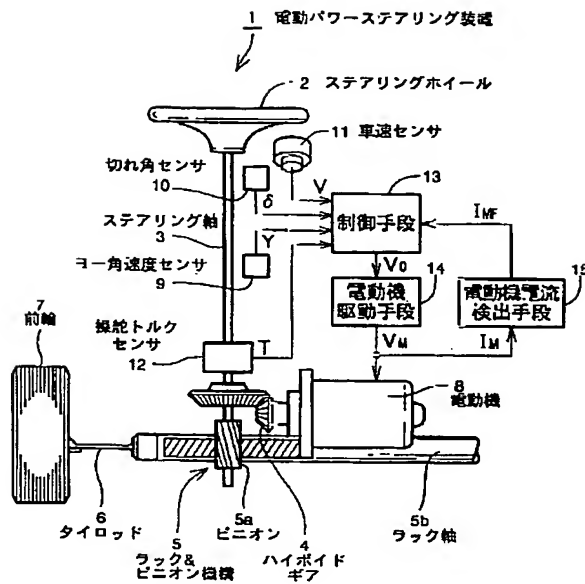
【図9】



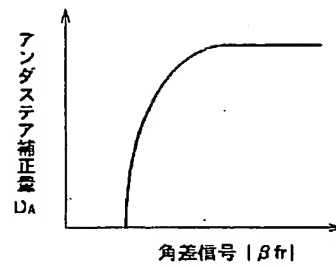
【図10】



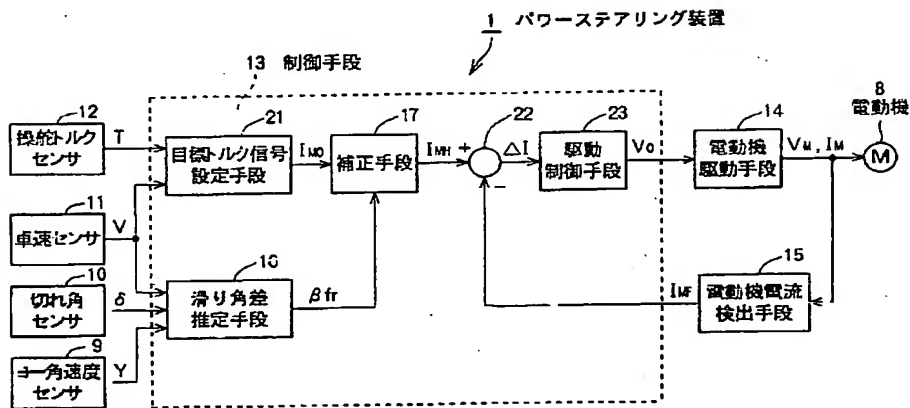
【図1】



【図11】



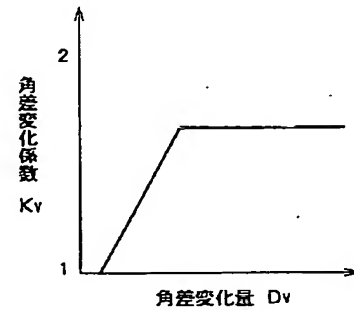
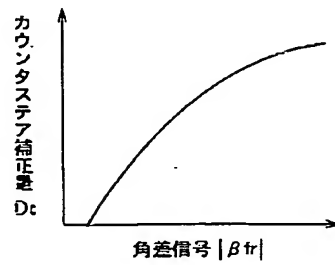
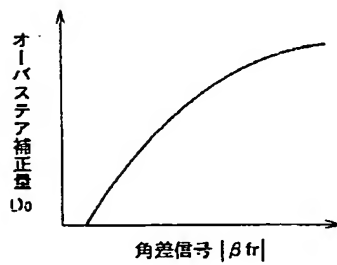
【図2】



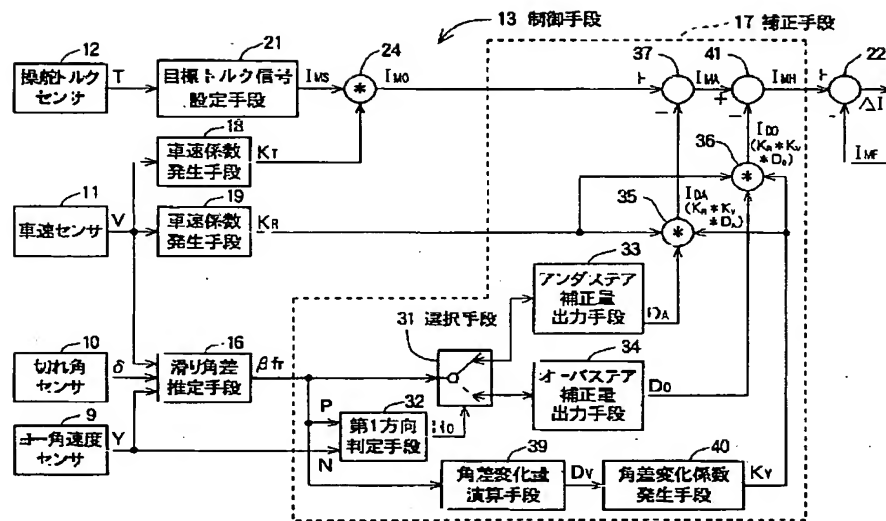
【図12】

【図13】

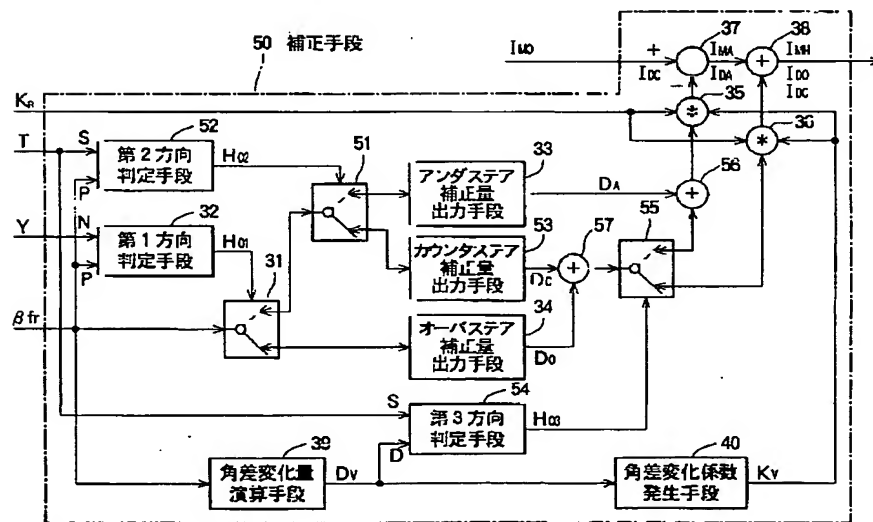
【図14】



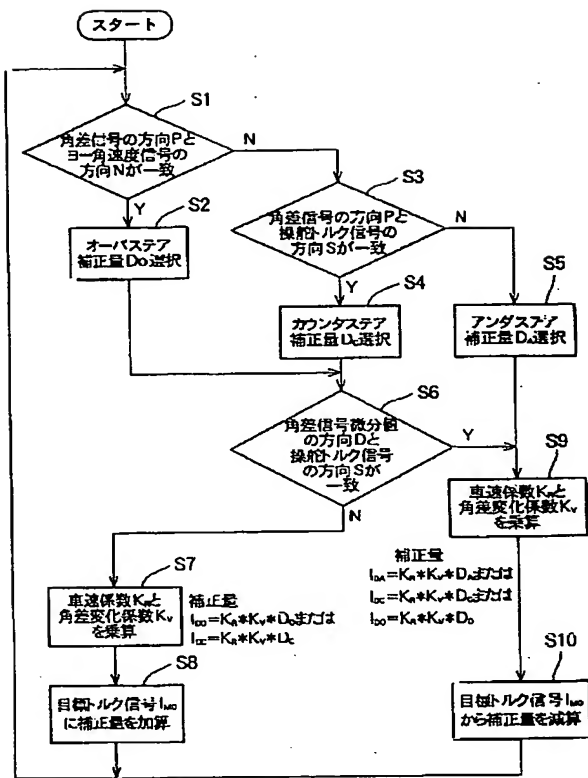
【図3】



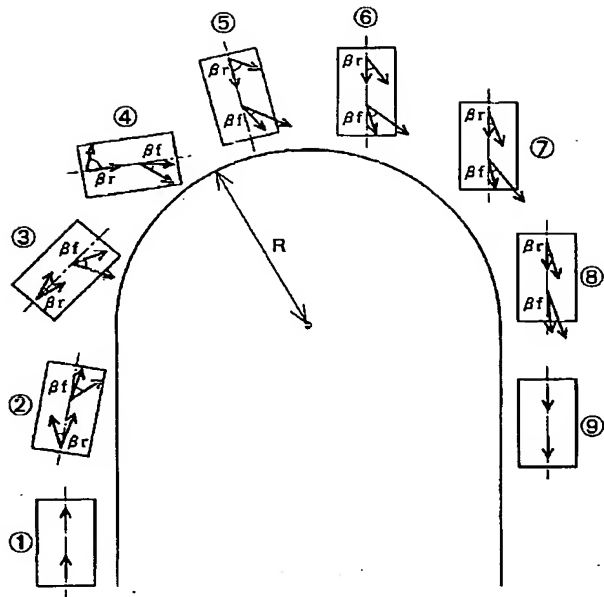
【図4】



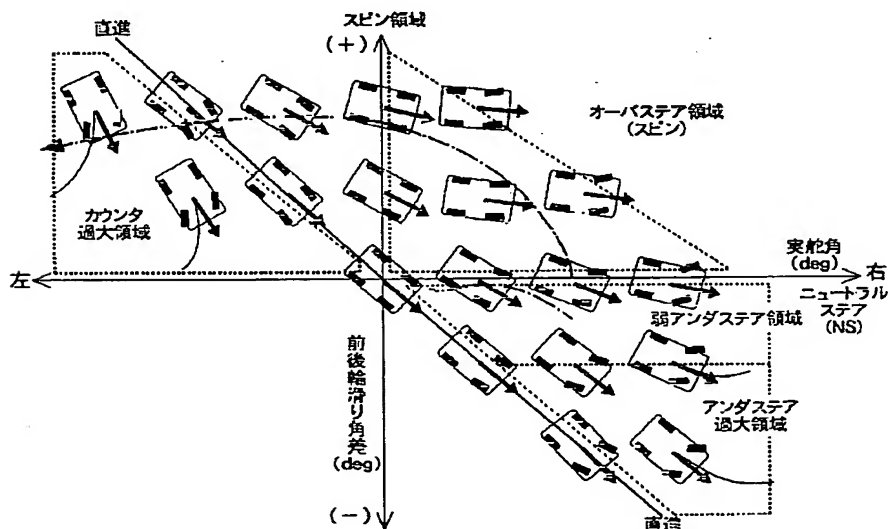
【図5】



【図7】



【図6】



【手続補正書】

【提出日】平成10年10月23日

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正内容】

【書類名】明細書

【発明の名称】電動パワーステアリング装置

【特許請求の範囲】

【請求項1】 ステアリング系の操舵トルクを検出する操舵トルクセンサと、ステアリング系に補助トルクを付加する電動機と、少なくとも前記操舵トルクセンサからの操舵トルク信号に基づいて目標トルク信号を設定する目標トルク信号設定手段を有する制御手段と、を備え、目標トルク信号に基づいて前記電動機の駆動を制御する電動パワーステアリング装置において、前記制御手段は、前輪滑り角と後輪滑り角との差を推定する滑り角差推定手段と、この滑り角差推定手段からの角差信号に基づいて目標トルク信号を補正する補正手段と、を備えたことを特徴とする電動パワーステアリング装置。

【請求項2】 前記滑り角差推定手段は、前輪の切れ角を検出する切れ角センサが検出する切れ角信号、車速センサが検出する車速信号、ヨー角速度センサが検出するヨー角速度信号および車両の寸法パラメータに基づいて角差を演算することを特徴とする請求項1記載の電動パワーステアリング装置。

【請求項3】 前記補正手段は、アンダステア補正量を出力するアンダステア補正量出力手段と、オーバステア補正量を出力するオーバステア補正量出力手段と、前記滑り角差推定手段が検出する角差信号の方向とヨー角速度信号の方向の一致／不一致を判定する第1方向判定手段と、この第1方向判定手段からの判定信号が方向一致の場合には前記オーバステア補正量出力手段を選択し、方向不一致の場合には前記アンダステア補正量出力手段を選択する選択手段と、を備えたことを特徴とする請求項1記載の電動パワーステアリング装置。

【請求項4】 前記補正手段は、前記アンダステア補正量出力手段からのアンダステア補正量に対応した減算補正信号で目標トルク信号を減算補正する減算補正手段と、前記オーバステア補正量出力手段からのオーバステア補正量に対応した減算補正信号で目標トルク信号を減算補正する減算補正手段と、を備えたことを特徴とする請求項3記載の電動パワーステアリング装置。

【請求項5】 前記補正手段は、角差信号の変化量を演算する角差変化量演算手段と、この角差変化量演算手段からの角差変化信号に対応した角差変化係数を出力する角差変化係数発生手段と、を備え、角差変化係数でアンダステア補正量およびオーバステア補正量を補正するこ

とを特徴とする請求項3または請求項4記載の電動パワーステアリング装置。

【請求項6】 前記補正手段は、アンダステア補正量を出力するアンダステア補正量出力手段と、オーバステア補正量を出力するオーバステア補正量出力手段と、カウンタステア補正量を出力するカウンタステア補正量出力手段と、前記滑り角差推定手段が検出する角差信号の方向と前記ヨー角速度センサが検出するヨー角速度信号の方向の一致／不一致を判定する第1方向判定手段と、前記滑り角差推定手段が検出する角差信号の方向と前記操舵トルクセンサが検出する操舵トルク信号の方向の一致／不一致を判定する第2方向判定手段と、前記第1方向判定手段の結果が方向一致の場合は前記オーバステア補正量出力手段を選択し、前記第1方向判定手段および前記第2方向判定手段の判定結果が共に方向不一致の場合には前記アンダステア補正量出力手段を選択し、前記第1方向判定手段の判定結果が方向不一致で、かつ前記第2方向判定手段の判定結果が方向一致の場合には前記カウンタステア補正量出力手段を選択する選択手段と、を備えたことを特徴とする請求項1記載の電動パワーステアリング装置。

【請求項7】 前記補正手段は、前記アンダステア補正量出力手段からのアンダステア補正量に対応した減算補正信号で目標トルク信号を減算補正する減算補正手段と、角差信号の微分値の方向と操舵トルク信号の方向の一致／不一致を判定する第3方向判定手段と、この第3方向判定手段の判定結果が不一致の場合には前記オーバステア補正量出力手段もしくは前記カウンタステア補正量出力手段からのオーバステア補正量もしくはカウンタステア補正量に対応した加算補正信号で目標トルク信号を加算補正し、判定結果が一致の場合には前記オーバステア補正量出力手段もしくは前記カウンタステア補正量出力手段からのオーバステア補正量もしくはカウンタステア補正量に対応した減算補正信号で目標トルク信号を減算補正する加減算補正手段と、を備えたことを特徴とする請求項6記載の電動パワーステアリング装置。

【請求項8】 前記補正手段は、角差信号の変化量を演算する角差変化量演算手段と、この角差変化量演算手段からの角差変化信号に対応した角差変化係数を出力する角差変化係数発生手段と、を備え、角差変化係数でアンダステア補正量、オーバステア補正量およびカウンタステア補正量を補正することを特徴とする請求項6または請求項7記載の電動パワーステアリング装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は電動機の動力をステアリング系に直接作用させ、ドライバの操舵力の軽減を図る電動パワーステアリング装置に係り、特に路面反力の変化をドライバに知らせて適切な操舵を行わせる電

動パワーステアリング装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来の電動パワーステアリング装置において、制御手段、電動機駆動手段、電動機を備え、ドライバがハンドルを操作することによって発生する操舵トルクに対応して制御手段で電動機を駆動するための目標トルク信号を発生し、この目標トルク信号に基づいて電動機の駆動を制御する電動機制御信号をブリッジ回路で構成された電動機駆動手段に供給し、電動機駆動手段を介して電動機をPWM (Pulse Width Modulation) 駆動し、電動機が発生する補助トルクをステアリング系に付加するよう構成されたものは知られている。

【0003】制御手段は、電動機に流れる電動機電流を速やかに目標トルク信号に対応した電流と等しくするため、電動機電流に対応した信号を目標トルク信号にフィードバック（負帰還）させ、電動機の駆動が制御されるよう構成されている。

【0004】また、車速センサで検出した車速信号で目標トルク信号を補正し、車速が増加するにつれて目標トルク信号を減少させ、低車速時には充分大きな補助トルクをステアリング系に付加し、高車速時には小さな補助トルクをステアリング系に付加することより、低車速時のドライバの操舵力の軽減と高車速時の車両挙動の安定性が実現されている。

【0005】また、従来の電動パワーステアリング装置は、車両の横すべりが大きい時には、操舵トルクに対する補助トルクを少なくすることにより、路面からの路面反力を大きくして路面情報をハンドルを介してドライバに確実に伝達するものが特開平5-58318号公報に開示されている。

【0006】特開平5-58318号公報に開示されている従来の電動パワーステアリング装置は、車速センサ、操舵角センサ、横加速度センサを備え、車速センサが検出した車速 V と操舵角センサが検出した操舵角 θ とから、車両が外乱を受けない場合に車両に発生すると予測される基準横加速度 G_0 を決定し、横加速度センサが検出した実際に車両に加わる実横加速度 G_{act} と基準横加速度 G_0 の差の絶対値 $|G_{act}-G_0|$ が所定値 g より大きいかなんかの判定を行い、大きい場合（ $|G_{act}-G_0| > g$ ）には車両の横すべりが大きいと見なし、予め設定された低 μ 路用のアシスト特性マップが選択され、小さな場合（ $|G_{act}-G_0| < g$ ）には車両の横すべりが小さいと見なし、予め設定された高 μ 路用のアシスト特性マップが選択され、操舵力に応じたアシスト量が制御されるものである。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】従来の電動パワーステアリング装置は、ドライバの操舵力に対応した補助トルクをステアリング系に付加する構成のため、車両挙動によって発生する微妙な路面反力の変化が抑制されてしま

い、ドライバがハンドルを介して車両挙動を情報（インフォメーション）として正確に感じ取れない傾向にある。

【0008】この傾向は、操舵力の軽減による路面反力の低減化傾向とステアリングギヤ比のクイック（小舵角）化傾向とによって近年顕著になっている。

【0009】このような低路面反力の操舵フィーリングに対し、路面反力を正確に感じ取って車両挙動に対して正確なハンドル操作を行うことが、車両挙動の限界領域や緊急時の操作においてドライバに望まれている。

【0010】例えば、車両挙動の限界領域で車両がスピンしそうになった時に、いち早くドライバが車両挙動を把握して最適なハンドル操作をする必要がある。

【0011】ドライバが車両挙動を把握するには、車両挙動に伴う路面反力の変化を感知することが最も身近で有効な方法である。

【0012】特開平5-58318号公報に開示されている従来の電動パワーステアリング装置は、実際に車両に加わる実横加速度 G_{act} と車両が外乱を受けない場合の基準横加速度 G_0 の差に基づいて高 μ 路用、または低 μ 路用のアシスト特性マップが選択される構成であるが、基準横加速度 G_0 が路面摩擦係数 μ により異なるため基準横加速度 G_0 の設定が難しい。

【0013】路面摩擦係数 μ に対応した基準横加速度 G_0 を設定するために、摩擦係数（ μ ）センサを車両に搭載すればよいが、摩擦係数（ μ ）センサを用いても摩擦係数（ μ ）を正確に検出することは難しい。例えば、操舵角 θ に対して摩擦係数（ μ ）をパラメータとした横加速度 G は、操舵角 θ が所定の範囲までは線形特性であるが、操舵角 θ が所定の範囲を超えると非線形特性になってしまう、基準横加速度 G_0 が設定できない課題がある。

【0014】また、特開平5-58318号公報に開示されている従来の電動パワーステアリング装置は、実横加速度 G_{act} と基準横加速度 G_0 の差の絶対値 $|G_{act}-G_0|$ に基づいて車両の横滑りを判定するため、車両の横滑りが大きい小さいかは判定できるが、車両の横滑りがオーバーステアによるものかアンダーステアによるものの判定ができず、ハンドルを介してドライバに車両挙動を反力として正確に伝えることができない課題がある。

【0015】この発明はこのような課題を解決するためなされたもので、その目的は路面状態に対応した車両挙動のオーバーステア状態またはアンダーステア状態を検出し、オーバーステア状態またはアンダーステア状態に対応した操舵補助力をステアリング系に作用させることによってドライバに路面情報（反力）を伝え、ドライバの意志による最適なハンドル操作をすることができる電動パワーステアリング装置を提供することにある。

【0016】

【課題を解決するための手段】前記課題を解決するためこの発明に係る電動パワーステアリング装置は、制御手段に、前輪滑り角と後輪滑り角との差を推定する滑り角差推定手段と、この滑り角差推定手段からの角差信号に基づいて目標トルク信号を補正する補正手段とを備えたことを特徴とする。

【0017】この発明に係る電動パワーステアリング装置は、制御手段に、前輪滑り角と後輪滑り角との差を推定する滑り角差推定手段と、この滑り角差推定手段からの角差信号に基づいて目標トルク信号を補正する補正手段とを備えたので、車両挙動を角差信号から推定し、角差信号に対応した補正量で目標トルク信号を補正することができるので、路面反力の変化の影響を含めてステアリング系に補助トルクを付加する電動機の駆動を制御することができる。

【0018】また、この発明に係る滑り角差推定手段は、前輪の切れ角を検出する切れ角センサが検出する切れ角信号、車速センサが検出する車速信号、ヨー角速度センサが検出するヨー角速度信号および車両の寸法パラメータに基づいて角差を演算することを特徴とする。

【0019】この発明に係る滑り角差推定手段は、前輪の切れ角を検出する切れ角センサが検出する切れ角信号、車速センサが検出する車速信号、ヨー角速度センサが検出するヨー角速度信号および車両の寸法パラメータに基づいて角差を演算するので、実際に角差を検出するセンサを用いることなく、既存の車載センサを用いて角差を算出することができる。

【0020】さらに、この発明に係る補正手段は、アンダステア補正量を出力するアンダステア補正量出力手段と、オーバステア補正量を出力するオーバステア補正量出力手段と、滑り角差推定手段が検出する角差信号の方向とヨー角速度信号の方向の一致／不一致を判定する第1方向判定手段と、この第1方向判定手段からの判定信号が方向一致の場合にはオーバステア補正量出力手段を選択し、方向不一致の場合にはアンダステア補正量出力手段を選択する選択手段とを備えたことを特徴とする。

【0021】この発明に係る補正手段は、アンダステア補正量を出力するアンダステア補正量出力手段と、オーバステア補正量を出力するオーバステア補正量出力手段と、滑り角差推定手段が検出する角差信号の方向とヨー角速度信号の方向の一致／不一致を判定する第1方向判定手段と、この第1方向判定手段からの判定信号が方向一致の場合にはオーバステア補正量出力手段を選択し、方向不一致の場合にはアンダステア補正量出力手段を選択する選択手段とを備えたので、判定信号が検出する方向によって車両挙動がオーバステア領域かアンダステア領域かを判定し、ドライバにオーバステア領域かアンダステア領域かを反力としてハンドルを介して伝えるとともに、ステアリング系に作用する補助トルクを車両挙動に対応して補正をすることができる。

【0022】また、この発明に係る補正手段は、アンダステア補正量出力手段からのアンダステア補正量に対応した減算補正信号で目標トルク信号を減算補正する減算補正手段と、オーバステア補正量出力手段からのオーバステア補正量に対応した減算補正信号で目標トルク信号を減算補正する減算補正手段とを備えたことを特徴とする。

【0023】この発明に係る補正手段は、アンダステア補正量出力手段からのアンダステア補正量に対応した減算補正信号で目標トルク信号を減算補正する減算補正手段と、オーバステア補正量出力手段からのオーバステア補正量に対応した減算補正信号で目標トルク信号を減算補正する減算補正手段とを備えたので、アンダステア領域では目標トルク信号からアンダステア補正量を減算補正して補助トルクを減少させてハンドルを介してドライバに反力を大きく伝達し、オーバステア領域では目標トルク信号にオーバステア補正量を減算補正させてハンドルを介してドライバに反力を大きく伝達することができる。また、オーバステア補正量およびアンダステア補正量をそれぞれ独自に設定することにより、オーバステア状態およびアンダステア状態のそれぞれに応じた最適な補正を行うことができる。

【0024】さらに、この発明に係る補正手段は、角差信号の変化量を演算する角差変化量演算手段と、この角差変化量演算手段からの角差変化信号に対応した角差変化係数を出力する角差変化係数発生手段とを備え、角差変化係数でアンダステア補正量およびオーバステア補正量を補正することを特徴とする。

【0025】この発明に係る補正手段は、角差信号の変化量を演算する角差変化量演算手段と、この角差変化量演算手段からの角差変化信号に対応した角差変化係数を出力する角差変化係数発生手段とを備え、角差変化係数でアンダステア補正量およびオーバステア補正量を補正するので、アンダステアまたはオーバステアの車両挙動が急激に変化しても、ハンドルを介してドライバに速やかに車両挙動、すなわち反力の変化を伝達することができる。

【0026】また、この発明に係る補正手段は、アンダステア補正量を出力するアンダステア補正量出力手段と、オーバステア補正量を出力するオーバステア補正量出力手段と、カウンタステア補正量を出力するカウンタステア補正量出力手段と、滑り角差推定手段が検出する角差信号の方向とヨー角速度センサが検出するヨー角速度信号の方向の一致／不一致を判定する第1方向判定手段と、滑り角差推定手段が検出する角差信号の方向と操舵トルクセンサが検出する操舵トルク信号の方向の一致／不一致を判定する第2方向判定手段と、第1方向判定手段の結果が方向一致の場合はオーバステア補正量出力手段を選択し、第1方向判定手段および第2方向判定手段の判定結果が共に方向不一致の場合にはアンダステア

補正量出力手段を選択し、第1方向判定手段の判定結果が方向不一致で、かつ第2方向判定手段の判定結果が方向一致の場合にはカウンタステア補正量出力手段を選択する選択手段とを備えたことを特徴とする。

【0027】この発明に係る補正手段は、アンダステア補正量を出力するアンダステア補正量出力手段と、オーバステア補正量を出力するオーバステア補正量出力手段と、カウンタステア補正量を出力するカウンタステア補正量出力手段と、滑り角差推定手段が検出する角差信号の方向とヨー角速度センサが検出するヨー角速度信号の方向の一致/不一致を判定する第1方向判定手段と、滑り角差推定手段が検出する角差信号の方向と操舵トルクセンサが検出する操舵トルク信号の方向の一致/不一致を判定する第2方向判定手段と、第1方向判定手段の結果が方向一致の場合はオーバステア補正量出力手段を選択し、第1方向判定手段および第2方向判定手段の判定結果が共に方向不一致の場合にはアンダステア補正量出力手段を選択し、第1方向判定手段の判定結果が方向不一致で、かつ第2方向判定手段の判定結果が方向一致の場合にはカウンタステア補正量出力手段を選択する選択手段とを備えたので、角差信号、ヨー角速度信号および操舵トルク信号の方向を判定することによって車両挙動がアンダステア状態かカウンタ過大状態かを判断するとともに、アンダステア状態またはカウンタ過大状態に対応した補正量を出力することができる。

【0028】さらに、この発明に係る補正手段は、アンダステア補正量出力手段からのアンダステア補正量に対応した減算補正信号で目標トルク信号を減算補正する減算補正手段と、角差信号の微分値の方向と操舵トルク信号の方向の一致/不一致を判定する第3方向判定手段と、この第3方向判定手段の判定結果が不一致の場合にはオーバステア補正量出力手段もしくはカウンタステア補正量出力手段からのオーバステア補正量もしくはカウンタステア補正量に対応した加算補正信号で目標トルク信号を加算補正し、判定結果が一致の場合にはオーバステア補正量出力手段もしくはカウンタステア補正量出力手段からのオーバステア補正量もしくはカウンタステア補正量に対応した減算補正信号で目標トルク信号を減算補正する加減算補正手段とを備えたことを特徴とする。

【0029】この発明に係る補正手段は、アンダステア補正量出力手段からのアンダステア補正量に対応した減算補正信号で目標トルク信号を減算補正する減算補正手段と、角差信号の微分値の方向と操舵トルク信号の方向の一致/不一致を判定する第3方向判定手段と、この第3方向判定手段の判定結果が不一致の場合にはオーバステア補正量出力手段もしくはカウンタステア補正量出力手段からのオーバステア補正量もしくはカウンタステア補正量に対応した加算補正信号で目標トルク信号を加算補正し、判定結果が一致の場合にはオーバステア補正量出力手段もしくはカウンタステア補正量出力手段からの

オーバステア補正量もしくはカウンタステア補正量に対応した減算補正信号で目標トルク信号を減算補正する加減算補正手段とを備えたので、角差信号の微分値の方向と操舵トルク信号の方向を判定することによってオーバステア補正量もしくはカウンタステア補正量を目標トルク信号に加算したり、目標トルク信号からオーバステア補正量もしくはカウンタステア補正量を減算したりすることによってドライバにカウンタ操作量が大き過ぎるとか小さ過ぎるとかを反力で伝えることができる。

【0030】さらに、この発明に係る補正手段は、角差信号の変化量を演算する角差変化量演算手段と、この角差変化量演算手段からの角差変化信号に対応した角差変化係数を出力する角差変化係数発生手段とを備え、角差変化係数でアンダステア補正量、オーバステア補正量およびカウンタステア補正量を補正することを特徴とする。

【0031】この発明に係る補正手段は、角差信号の変化量を演算する角差変化量演算手段と、この角差変化量演算手段からの角差変化信号に対応した角差変化係数を出力する角差変化係数発生手段とを備え、角差変化係数でアンダステア補正量、オーバステア補正量およびカウンタステア補正量を補正するので、アンダステア、オーバステアまたはカウンタステアの車両挙動が急激に変化しても、ハンドルを介してドライバに速やかに反力の変化として伝達することができる。

【0032】

【発明の実施の形態】以下、この発明の実施の形態を添付図面に基づいて説明する。なお、本発明は、アンダステア、オーバステアおよびカウンタ過大の車両挙動に対応した反力をハンドルを介してドライバに正確に伝え、それぞれの車両挙動に応じたドライバの好みのステアリング操作を補助するものである。

【0033】図1はこの発明に係る電動パワーステアリング装置の全体構成図である。図1において電動パワーステアリング装置1は、ステアリングホイール2、ステアリング軸3、ハイボイドギア4、ピニオン5aおよびラック軸5bなどからなるラック&ピニオン機構5、タイロッド6、操向車輪の前輪7、補助トルクをステアリング系に作用する電動機8、制御手段13、電動機駆動手段14、電動機電流検出手段15を備える。

【0034】また、電動パワーステアリング装置1は、車両に作用するヨー角速度を検出し、ヨー角速度に対応した電気信号に変換されたヨー角速度信号Yを検出するヨー角速度センサ9、前輪の切れ角を検出し、前輪の切れ角に対応した電気信号に変換された切れ角信号 δ を出力する切れ角センサ10、車速を検出し、車速に対応した電気信号に変換された車速信号Vを出力する車速センサ11、ステアリングホイール2に作用する操舵トルクを検出し、操舵トルクに対応した電気信号に変換された操舵トルク信号Tを出力する操舵トルクセンサ12を備

える。なお、切れ角信号 δ はステアリング軸の操舵角から算出してもよい。

【0035】ヨー角速度信号Y、切れ角信号 δ 、操舵トルク信号Tは、それぞれ大きさと方向を有し、制御手段13に供給される。なお、ヨー角速度信号Y、切れ角信号 δ 、車速信号Vおよび操舵トルク信号Tの方向は、時計回り方向を正（プラス）とし、反時計回り方向を負（マイナス）とする。

【0036】ステアリングホイール2を操舵すると、ステアリング軸3に加えられる手動操舵トルクは、ラック&ピニオン機構5を介してピニオン5aの回転力がラック軸5bの軸方向の直線運動に変換され、タイロッド6を介して前輪7の操舵を変化させる。

【0037】手動の操舵トルクをアシストするため、操舵トルク信号Tに対応して電動機8が駆動されると電動機トルクがハイボイドギア4を介して倍力された補助トルク（アシストトルク）に変換されてステアリング軸3に作用し、ドライバの操舵力を軽減する。

【0038】制御手段13は、マイクロプロセッサを基本に各種演算手段、処理手段、判定手段、スイッチ手段、信号発生手段、メモリ等で構成し、操舵トルク信号Tに対応した目標トルク信号（IMS）を発生し、この目標トルク信号（IMS）と電動機電流検出手段15が検出した電動機電流IMに対応した電動機トルク信号IMFとの差（負帰還）に応じた電動機制御信号V0（例えば、オン信号、オフ信号およびPWM信号の混成信号）を発生し、この差が速やかに0となるように電動機駆動手段14の駆動を制御する。

【0039】また、制御手段13は、前後輪滑り角差推定手段、補正手段を備え、ヨー角速度信号Y、切れ角信号 δ 、車速信号Vおよび車両の寸法パラメータ（ホイールベース）に基づいて前輪の滑り角と後輪の滑り角の差（角差信号）を演算で推定し、この差（角差信号）の大きさに基づいてアンダステア領域、オーバステア領域およびカウンタ過大領域の補正量を決定し、この補正量で目標トルク信号（IMS）を補正する。

【0040】さらに、制御手段13は、前輪の滑り角と後輪の滑り角の差（角差信号）の方向（P）、ヨー角速度信号Yの方向（N）および操舵トルク信号Tの方向（S）を比較することにより、車両の状態（車両挙動）がアンダステア領域、オーバステア領域またはカウンタ過大領域のいずれであるかを判定する。

【0041】電動機駆動手段14は、例えば4個のパワーFET（電界効果トランジスタ）、絶縁ゲート・バイポーラトランジスタ（IGBT）等のスイッチング素子からなるブリッジ回路で構成し、電動機制御信号V0に基づいてPWM（パルス幅変調）の電動機電圧VMを出力し、電動機8を正回転または反回転にPWM駆動する。

【0042】電動機電流検出手段15は、電動機8と直

列に接続された抵抗器またはホール素子等で電動機電流IMを電圧に変換して検出し、電動機電流IMに対応した電動機トルク信号IMFを制御手段13にフィードバック（負帰還）する。

【0043】図2は本発明に係る電動パワーステアリング装置の基本要部ブロック構成図である。図2において、電動パワーステアリング装置1の制御手段13は、目標トルク信号設定手段21、補正手段17、差演算手段22、駆動制御手段23、滑り角差推定手段16を備える。

【0044】目標トルク信号設定手段21は、ROM等のメモリを備え、予め実験値または設計値に基づいて設定した車速Vをパラメータにした操舵トルク信号データTと目標トルク信号データIMOの対応データを記憶しておき、操舵トルクセンサ12が検出した操舵トルク信号Tおよび車速センサ11が検出した車速信号Vに基づいて対応する目標トルク信号データIMOを読み出し、目標トルク信号IMOを補正手段17に供給する。

【0045】補正手段17は、ROM等のメモリ、ソフト制御の比較機能、切替機能、演算機能を備え、滑り角差に応じた補正量（アンダステア補正量、オーバステア補正量、カウンタステア補正量）を記憶しておき、滑り角差推定手段16で演算した前輪滑り角（ β_f ）と後輪滑り角（ β_r ）との差（ $\beta_f - \beta_r$ ）を推定した角差信号 β_{fr} に基づいて対応する補正量を発生し、目標トルク信号IMOを補正量で補正した目標トルク信号IMHを差演算手段22に供給する。

【0046】前輪滑り角（ β_f ）と後輪滑り角（ β_r ）との差が所定値以内の場合には、車両挙動が安定した通常走行時なので、補正手段17からの補正量も0となって補正手段17から出力される目標トルク信号IMHは目標トルク信号IMOと等しく（ $IMH = IMO$ ）なる。

【0047】一方、前輪滑り角（ β_f ）と後輪滑り角（ β_r ）との差が所定値を超える場合には、車両挙動が不安定なので、補正手段17からの補正量で目標トルク信号IMOを補正し、補正手段17から出力される目標トルク信号IMHは車両挙動に応じて目標トルク信号IMOに対して減算（ $IMH < IMO$ ）したり、加算（ $IMH > IMO$ ）したりする。

【0048】差演算手段22は、減算器または減算機能を備え、補正手段17から供給される目標トルク信号IMHと、電動機電流検出手段15から供給される電動機トルク信号IMFとの差 $\Delta I (= IMH - IMF)$ を演算し、差信号 $\Delta I (= IMH - IMF)$ を駆動制御手段23に供給する。

【0049】駆動制御手段23は、PIDコントローラ、電動機制御信号発生手段等を備え、差演算手段22から供給される差信号 ΔI に比例（P）、積分（I）および微分（D）制御を施した後、これら比例・積分・微分（PID）制御を施した信号を混合した混合信号に基

づいてハンドルの右操舵または左操舵に対応したPWMの電動機制御信号V0を発生し、電動機制御信号V0を電動機駆動手段14に供給する。

【0050】滑り角差推定手段16は、メモリ、演算手段等を備え、車速信号V、ヨー角速度信号Y、前輪の切れ角に対応する切れ角信号 δ およびメモリに予め設定した車両の寸法パラメータ（例えば、ホイールベースL）に基づいて車両挙動を前輪滑り角（ β_f ）と後輪滑り角（ β_r ）との差 β_{fr} （ $=\beta_f-\beta_r$ ）を演算することによって推定し、この差 β_{fr} を角差信号 β_{fr} として補正手段17に提供する。

【0051】このように、制御手段13は、前輪滑り角（ β_f ）と後輪滑り角（ β_r ）との差 β_{fr} （ $=\beta_f-\beta_r$ ）を推定する滑り角差推定手段16と、この滑り角差推定手段16からの角差信号 β_{fr} に基づいて目標トルク信号IMOを補正する補正手段17とを備えたので、車両挙動を角差信号 β_{fr} から推定し、角差信号 β_{fr} に対応した補正量で目標トルク信号IMOを補正し、反力の変化の影響を含めてステアリング系に補助トルクを付加する電動機の駆動を制御することができる。

【0052】図3はこの発明に係る制御手段の一実施の形態要部ブロック構成図である。図3において、制御手段13は、目標トルク信号設定手段21、車速係数発生手段18、車速係数発生手段19、乗算手段24、滑り角差推定手段16、補正手段17、差演算手段22を備える。

【0053】目標トルク信号設定手段21は、ROM等のメモリに予め図8に示す操舵トルク信号Tと目標トルク信号IMSの特性データを記憶しておき、操舵トルクセンサ12から操舵トルク信号Tが供給されると、対応する目標トルク信号IMSを読み出して乗算手段24に提供する。

【0054】車速係数発生手段18は、ROM等のメモリを備え、予め図9に示す車速信号Vと車速係数KTの特性データを記憶しておき、車速センサ11から車速信号Vが供給されると、対応する車速係数KTを読み出して乗算手段24に提供する。

【0055】乗算手段24は、ソフト制御の乗算機能を備え、目標トルク信号設定手段21から提供される目標トルク信号IMSと車速係数発生手段18から提供される車速係数KTとを乗算処理し、車速Vに応動した目標トルク信号IMOを補正手段17の減算手段37に供給する。

【0056】車速係数KTは、図9に示すように車速信号Vの増加に対して減少する特性を有するので、図8に示す目標トルク信号IMOを車速信号Vの増加に対して減少補正した目標トルク信号IMOとして生成する。

【0057】車速係数発生手段19は、ROM等のメモリを備え、予め図10に示す車速信号Vと車速係数KRの特性データを記憶しておき、車速センサ11から車速

信号Vが供給されると、対応する車速係数KRを読み出して補正手段17の乗算手段35および乗算手段36に提供する。

【0058】滑り角差推定手段16は、メモリ、演算機能を備え、車速信号V、ヨー角速度信号Y、切れ角信号 δ およびメモリに予め設定した車両の寸法パラメータL（例えば、ホイールベース）に基づいて数1から前輪滑り角（ β_f ）と後輪滑り角（ β_r ）との差 β_{fr} （ $=\beta_f-\beta_r$ ）を演算し、角差信号 β_{fr} を補正手段17の選択手段31、第1方向判定手段32および角差変化量演算手段39に供給する。

【0059】

【数1】 $\beta_{fr}=Y*L/V-\delta$

【0060】なお、前輪滑り角（ β_f ）および後輪滑り角（ β_r ）は、タイヤの向きを基準としてタイヤの進行方向への角度を表わすので、時計回り方向へハンドルを切った場合、前輪タイヤの向きに対してタイヤの進行方向は反時計回り方向となり、時計回り方向を正（プラス）とすると前輪滑り角（ β_f ）の方向は負（マイナス）となる。同様に、後輪滑り角（ β_r ）も負（マイナス）となり、角差信号 β_{fr} の方向（符号）は後輪滑り角（ β_r ）の絶対値 $|\beta_r|$ が前輪滑り角（ β_f ）の絶対値 $|\beta_f|$ 以上（ $|\beta_r| \geq |\beta_f|$ ）となるまでは、負（マイナス）で表わす。

【0061】また、第1方向判定手段32に供給するヨー角速度信号Yに代えて横加速度Gで代用してもよい。

【0062】このように、滑り角差推定手段16は、前輪の切れ角を検出する切れ角センサ10が検出する切れ角信号 δ 、車速センサ11が検出する車速信号V、ヨー角速度センサ9が検出するヨー角速度信号Yおよび車両の寸法パラメータLに基づいて角差 β_{fr} を演算するので、実際に角差を検出することなく、既存の車載センサを用いて角差 β_{fr} を算出することができる。

【0063】補正手段17は、選択手段31、第1方向判定手段32、アンダステア補正量出力手段33、オーバステア補正量出力手段34、乗算手段35、乗算手段36、減算補正手段を構成する減算手段37、減算手段41、角差変化量演算手段39、角差変化係数発生手段40を備える。

【0064】選択手段31は、ソフト制御のスイッチ機能を備え、第1方向判定手段32から供給される判定信号H0に基づいてスイッチを切り替え、滑り角差推定手段16から供給される角差信号 β_{fr} をアンダステア補正量出力手段33、またはオーバステア補正量出力手段34に供給する。

【0065】第1方向判定手段32は、符号比較機能を備え、滑り角差推定手段16から供給される角差信号 β_{fr} の方向信号Pと、ヨー角速度センサ9から供給されるヨー角速度信号Yの方向信号Nに基づいて、方向信号Pと方向信号Nが一致（符号が同一）する場合には、例え

ばHレベルの判定信号H0を選択手段31に供給し、方向信号Pと方向信号Nが異なる（符号が異なる）場合には、例えばLレベルの判定信号H0を選択手段31に供給する。

【0066】角差信号 β_{fr} の方向信号Pとヨー角速度信号Yの方向信号Nとが異なる（不一致）場合、例えばヨー角速度Yが時計回り方向であって、前輪の反時計回り方向滑り角（ β_f ）が後輪の反時計回り方向滑り角（ β_r ）よりも大きいような場合には、ヨー角速度信号Yの方向信号Nがプラス（+）で角差信号 β_{fr} の方向信号Pがマイナス（-）となり、車両挙動のアンダステア領域と判定して選択手段31はアンダステア補正量出力手段33を選択する。

【0067】一方、角差信号 β_{fr} の方向信号Pとヨー角速度信号Yの方向信号Nとが同じ（一致）場合、例えばヨー角速度Yが時計回り方向であって、後輪の反時計回り方向滑り角（ β_r ）が前輪の反時計回り方向滑り角（ β_f ）よりも大きいような場合には、ヨー角速度信号Yの方向信号Nがプラス（+）で角差信号 β_{fr} の方向信号Pがプラス（+）となり、車両挙動のオーバステア領域と判定して選択手段31はオーバステア補正量出力手段34を選択する。

【0068】車両挙動の強いアンダステア領域とは、現在の操舵状態からこれ以上ハンドルを切込んでも車両がこれ以上曲らない状態であり、ドライバに反力を強く感じさせてハンドルを戻した方が良いことを知らせる操舵領域である。

【0069】なお、弱いアンダステア領域では路面反力の補正は不要であるので、図11に示すように角差信号 β_{fr} に対するアンダステア補正量DAの不感帯領域を大きく設定している。

【0070】一方、車両の強いオーバステア領域とは、そのままでは車両がスピンする虞のある状態であり、ドライバに反力を強く感じさせてカウンタステアを行い易くしている。

【0071】アンダステア補正量出力手段33は、ROM等のメモリを備え、予め図11に示す角差信号の絶対値 $|\beta_{fr}|$ とアンダステア補正量DAとの特性データを記憶しておき、選択手段31から角差信号 β_{fr} が供給されると、対応するアンダステア補正量DAを読み出し、アンダステア補正量信号DAを乗算手段35に供給する。

【0072】オーバステア補正量出力手段34は、ROM等のメモリを備え、予め図12に示す角差信号の絶対値 $|\beta_{fr}|$ とオーバステア補正量D0との特性データを記憶しておき、選択手段31から角差信号 β_{fr} が供給されると、対応するオーバステア補正量D0を読み出し、オーバステア補正量信号D0を乗算手段36に供給する。

【0073】このように、補正手段17は、アンダステ

ア補正量DAを出力するアンダステア補正量出力手段33と、オーバステア補正量D0を出力するオーバステア補正量出力手段34と、滑り角差推定手段16が検出する角差信号 β_{fr} の方向Pとヨー角速度信号Yの方向Nの一致／不一致を判定する第1方向判定手段32と、この第1方向判定手段32からの判定信号H0が方向不一致の場合にはアンダステア補正量出力手段33を選択し、方向一致の場合にはオーバステア補正量出力手段34を選択する選択手段31とを備えたので、判定信号H0が検出する方向によって車両挙動がアンダステア領域かオーバステア領域かを判定し、車両挙動に対応した目標トルク信号IMSを補正をすることができる。そして、アンダステア補正量、オーバステア補正量は、図11、図12に示すように不感帯をそれぞれ独自に設定しているので、アンダステア状態またはオーバステア状態に応じた最適な補正を行うことができる。

【0074】乗算手段35は、ソフト制御の乗算機能を備え、車速係数KR、アンダステア補正量信号DAおよび角差変化係数KVを乗算処理し、減算補正信号としてのアンダステア補正量信号IDA（ $=KR * KV * DA$ ）を減算手段37に供給する。

【0075】アンダステア補正量信号IDAは、図11示すアンダステア補正量DAを図10に示す車速係数KRで補正するので、低車速領域ではアンダステア補正量DAを0として補正を行わず、中車速から高車速領域ではアンダステア補正量DAの特性と同じに設定することができる。

【0076】乗算手段36は、ソフト制御の乗算機能を備え、車速係数KR、オーバステア補正量信号D0および角差変化係数KVを乗算処理し、減算補正信号としてのオーバステア補正量信号IDO（ $=KR * KV * D0$ ）を減算手段41に供給する。

【0077】オーバステア補正量信号IDOは、図12に示すオーバステア補正量D0を図10示す車速係数KRで補正するので、低車速領域ではオーバステア補正量D0を0として補正を行わず、中車速から高車速領域ではオーバステア補正量D0の特性と同じに設定することができる。なお、オーバステア補正量D0は、アンダステア補正量DAに比べ、不感帯を狭く傾きも小さく設定する。

【0078】減算手段37は、ソフト制御の減算機能を備え、アンダステア領域で動作する減算補正手段を構成し、乗算手段24から供給される目標トルク信号IMOと乗算手段35から供給される減算補正信号であるアンダステア補正量信号IDA（ $=KR * KV * DA$ ）の差（ $=IMO - IDA$ ）を演算し、新たな目標トルク信号IMA（ $=IMO - IDA$ ）を減算手段41を介し、目標トルク信号IMIとして差演算手段22に供給する。なお、アンダステア補正量信号IDAが出力されている場合には、オーバステア補正量信号IDOは出力されない（ $IDO = 0$ ）ため、目

標トルク信号IMHは目標トルク信号IMA等しく($IMH = IMA$)なる。

【0079】減算手段41は、ソフト制御の減算機能を備え、オーバステア領域で動作する減算補正手段を構成し、乗算手段24から供給される目標トルク信号IMOと乗算手段36から供給される減算補正信号であるオーバステア補正量信号IDO($=KR \cdot KV \cdot D0$)の差($=IM0 - ID0$)を演算し、新たな目標トルク信号IMHとして差演算手段22に供給する。

【0080】このように、補正手段17は、アンダステア補正量出力手段33からのアンダステア補正量DAに対応した減算補正信号IDAで目標トルク信号IMOを減算補正する減算補正手段37と、オーバステア補正量出力手段34からのオーバステア補正量D0に対応した減算補正信号IDOで目標トルク信号IMOを減算補正する減算補正手段41とを備えたので、ハンドルを介してドライバにアンダステア領域では目標トルク信号IMOから減算補正信号IDAを減算補正して補助トルクを減少させて反力を大きく伝達し、オーバステア領域では目標トルク信号IMOから減算補正信号IDOを減算補正させて反力を大きく伝達することができる。

【0081】角差変化量演算手段39は、微分演算機能を備え、滑り角差推定手段16から供給される角差信号 βfr に微分演算を施し、角差変化量信号DV($=d\beta fr/dt$)を角差変化係数発生手段40に供給する。

【0082】角差変化係数発生手段40は、ROM等のメモリを備え、予め図14に示す角差変化量DVと角差変化係数KVの特性データを記憶しておき、角差変化量信号DVが供給されると、対応した角差変化係数KVを読み出して乗算手段35および乗算手段36に供給する。

【0083】角差変化量DVは、角差信号 βfr の変化を表し、したがって車両挙動の時間的な変化を表わすので、車両挙動の急激な変化に対応したアンダステア補正量信号IDA($=KR \cdot KV \cdot DA$)またはオーバステア補正量信号IDO($=KR \cdot KV \cdot D0$)を発生することができる。

【0084】このように、補正手段17は、角差信号 βfr の変化量DVを演算する角差変化量演算手段39と、この角差変化量演算手段39からの角差変化信号DVに対応した角差変化係数KVを出力する角差変化係数発生手段40とを備え、角差変化係数KVでアンダステア補正量DAおよびオーバステア補正量D0を補正するので、車両挙動が急激な変化をしても、ハンドルを介してドライバに反力の急激な変化を伝達することができる。

【0085】図4はこの発明に係る補正手段の別実施の形態要部ブロック構成図である。なお、本発明はアンダステア状態、オーバステア状態に加え、カウンタ過大状態も判定して各車両挙動に対応した補正をするものである。

【0086】図4において、補正手段50は、図3に示

す選択手段31、第1方向判定手段図32、アンダステア補正量出力手段33、オーバステア補正量出力手段34、乗算手段35、乗算手段36、加減算補正手段を構成する減算手段37および加算手段38、角差変化量演算手段39、角差変化係数発生手段40に加え、選択手段51、第2方向判定手段52、カウンタステア補正量出力手段53、第3方向判定手段54、選択手段55、加算手段56、加算手段57を備える。

【0087】選択手段31、第1方向判定手段32、アンダステア補正量出力手段33、オーバステア補正量出力手段34、乗算手段35、乗算手段36、減算補正手段を構成する減算手段37、角差変化量演算手段39、角差変化係数発生手段40は、既に図3で説明したので詳しい説明を省略し、必要に応じて説明に入れる。

【0088】選択手段51は、ソフト制御のスイッチ機能を備え、第2方向判定手段52から供給される判定信号H02に基づいてスイッチを切り替え、選択手段31から供給される角差信号 βfr をアンダステア補正量出力手段33、またはカウンタステア補正量出力手段53に供給する。

【0089】第2方向判定手段52は、符号比較機能を備え、滑り角差推定手段16から供給される角差信号 βfr の方向信号Pと、操舵トルクセンサ12から供給される操舵トルク信号Tの方向信号Sに基づいて、方向信号Pと方向信号Sが一致(符号が同一)する場合には、例えばHレベルの判定信号H02を選択手段51に供給し、方向信号Pと方向信号Sが異なる(符号が異なる)場合には、例えばLレベルの判定信号H02を選択手段51に供給する。

【0090】角差信号 βfr の方向信号Pと操舵トルク信号Tの方向信号Sとが異なる(不一致)場合、例えば操舵トルク信号Tが時計回り方向であって、前輪の反時計回り方向滑り角(βf)が後輪の反時計回り方向滑り角(βr)よりも大きいような場合には、操舵トルク信号Tの方向信号Sがプラス(+)で角差信号 βfr の方向信号Pがマイナス(-)となり、車両挙動のアンダステア領域と判定して選択手段51はアンダステア補正量出力手段33を選択する(破線表示)。

【0091】一方、角差信号 βfr の方向信号Pと操舵トルク信号Tの方向信号Sとが同じ(一致)場合、例えば操舵トルク信号Tが時計回り方向であって、後輪の反時計回り方向滑り角(βr)が前輪の反時計回り方向滑り角(βf)よりも大きいような場合には、操舵トルク信号Tの方向信号Sがプラス(+)で角差信号 βfr の方向信号Pがプラス(+)となり、車両挙動のカウンタ過大領域と判定して選択手段51はカウンタステア補正量出力手段53を選択する(実線表示)。

【0092】ただし、第1方向判定手段32と選択手段31は、図3で説明したと同様に、例えばヨー角速度Yが時計回り方向であって、前輪の反時計回り方向滑り角

(βf) が後輪の反時計回り方向滑り角 (βr) よりも大きいような場合には、ヨー角速度信号 Y の方向信号 N がプラス (+) で角差信号 βfr の方向信号 P がマイナス (-) となり、選択手段 3.1 は選択手段 5.1 を選択 (破線表示) し、選択手段 5.1 は上述した第 2 方向判定手段 5.2 の判定結果によってアンダステア補正量出力手段 3.3 またはカウンタステア補正量出力手段 5.3 を選択する。

【0093】また、第 1 方向判定手段 3.2 と選択手段 3.1 は、図 3 で説明したと同様に、角差信号 βfr の方向信号 P とヨー角速度信号 Y の方向信号 N とが同じ (一致) 場合、例えばヨー角速度 Y が時計回り方向であって、後輪の反時計回り方向滑り角 (βr) が前輪の反時計回り方向滑り角 (βf) よりも大きいような場合には、ヨー角速度信号 Y の方向信号 N がプラス (+) で角差信号 βfr の方向信号 P がプラス (+) となり、車両挙動のオーバステア領域と判定して選択手段 3.1 はオーバステア補正量出力手段 3.4 を選択する (実線表示)。

【0094】カウンタステア補正量出力手段 5.3 は、ROM 等のメモリを備え、予め図 1.3 に示す角差信号の絶対値 $|\beta fr|$ とカウンタステア補正量 DC との特性データを記憶しておき、選択手段 5.1 から角差信号 βfr が供給されると、対応するカウンタステア補正量 DC を読み出し、カウンタステア補正量信号 DC を加算手段 5.7 を介して選択手段 5.5 に供給する。

【0095】このように、補正手段 5.0 は、第 1 方向判定手段 3.2 で角差信号 βfr の方向信号 P とヨー角速度信号 Y の方向信号 N とが不一致と判定し、かつ第 2 方向判定手段 5.2 で角差信号 βfr の方向信号 P と操舵トルク信号 T の方向信号 S とが不一致と判定した場合には、車両挙動がアンダステア状態であると判定してアンダステア補正量出力手段 3.3 を選択する。

【0096】また、補正手段 5.0 は、第 1 方向判定手段 3.2 で角差信号 βfr の方向信号 P とヨー角速度信号 Y の方向信号 N とが不一致と判定し、かつ第 2 方向判定手段 5.2 で角差信号 βfr の方向信号 P と操舵トルク信号 T の方向信号 S とが一致と判定した場合には、車両挙動がカウンタ過大状態と判定してカウンタステア補正量出力手段 5.3 を選択する。

【0097】第 3 方向判定手段 5.4 は、符号比較機能を備え、角差変化量演算手段 3.9 から供給される角差変化量信号 $DV (= d\beta fr / dt)$ の方向信号 D と操舵トルク信号 T の方向信号 S とに基づいて、方向信号 D と方向信号 S が一致 (符号が同一) する場合には、例えば H レベルの判定信号 $H03$ を選択手段 5.5 に供給し、方向信号 D と方向信号 S が異なる (符号が異なる) 場合には、例えば L レベルの判定信号 $H03$ を選択手段 5.5 に供給する。なお、角差変化量信号 DV の方向信号 D は、角差信号 βfr が正 (+) で、かつ絶対値 $|\beta fr|$ が増加する時は正 (+) とし、絶対値 $|\beta fr|$ が減少する時は負

(-) とする。また、角差変化量信号 DV の方向信号 D は、角差信号 βfr が負 (-) で、かつ絶対値 $|\beta fr|$ が増加する時は負 (-) とし、絶対値 $|\beta fr|$ が減少する時は正 (+) とする。

【0098】角差変化量信号 $DV (= d\beta fr / dt)$ の方向信号 D と操舵トルク信号 T の方向信号 S とが不一致 (符号が異なる) となる場合には、選択手段 5.5 が乗算手段 3.6 を選択 (実線表示) し、カウンタステア補正量 DC もしくはオーバステア補正量 $D0$ を乗算手段 3.6 に供給する。

【0099】一方、角差変化量信号 $DV (= d\beta fr / dt)$ の方向信号 D と操舵トルク信号 T の方向信号 S とが一致 (符号が同一) する場合には、選択手段 5.5 が加算手段 5.6 を選択 (破線表示) し、カウンタステア補正量 DC もしくはオーバステア補正量 $D0$ を加算手段 5.6 に供給する。

【0100】加算手段 5.6 に供給されたカウンタステア補正量 DC は、乗算手段 3.5 で車速係数 KR および角差変化係数 KV が乗算され、減算補正信号であるカウンタステア補正量信号 $IDC (= KR * KV * DC)$ が減算手段 3.7 に供給される。

【0101】また、乗算手段 3.6 に供給されたカウンタステア補正量 DC もしくはオーバステア補正量 $D0$ は、車速係数 KR および角差変化係数 KV が乗算され、加算補正信号であるカウンタステア補正量信号 $IDC (= KR * KV * DC)$ もしくはオーバステア補正量信号 $ID0 (= KR * KV * D0)$ が加算手段である加算手段 3.8 に供給される。

【0102】以上のことから、角差変化量信号 $DV (= d\beta fr / dt)$ の方向信号 D と操舵トルク信号 T の方向信号 S とが一致 (符号が同じ) となり、オーバステア状態が収束方向に向かう場合には、これ以上のカウンタステアを必要としないため、目標トルク信号 $IM0$ からカウンタステア補正量信号 $IDC (= KR * KV * DC)$ もしくはオーバステア補正量信号 $ID0 (= KR * KV * D0)$ を減算補正して目標トルク信号 $IMH (= IM0 - IDC, IM0 - ID0)$ を出力し、ドライバにハンドルを介して大きな反力を伝える。

【0103】また、角差変化量信号 $DV (= d\beta fr / dt)$ の方向信号 D と操舵トルク信号 T の方向信号 S とが不一致 (符号が異なる) し、オーバステア状態が発散方向に向かう場合には、目標トルク信号 $IM0$ にカウンタステア補正量信号 $IDC (= KR * KV * DC)$ もしくはオーバステア補正量信号 $ID0 (= KR * KV * D0)$ を加算補正して目標トルク信号 $IMH (= IM0 + IDC, IM0 + ID0)$ を出力し、ドライバにハンドルを介して小さな反力を伝え、カウンタステアを促す。

【0104】また、アンダステア状態およびオーバステア状態については、図 3 で説明した内容と同一なので説明を省略する。

【0105】なお、加算手段56を用いてアンダステア補正量信号DAとカウンタステア補正量信号IDCを加算し、乗算手段36で車速係数KRおよび角差変化係数KVを乗算するよう構成したが、加算手段56に代えてカウンタステア補正量信号IDCと車速係数KRおよび角差変化係数KVを乗算する乗算手段を設けてカウンタステア補正量信号IDC(=KR*KV*DC)を形成するとともに、目標トルク信号IM0からカウンタステア補正量信号IDCを減算補正する減算手段を設けて目標トルク信号IMH(=IM0-IDC)を出力するよう構成してもよい。

【0106】このように、この発明に係る補正手段50は、角差信号 β frの方向信号Pとヨー角速度信号Yの方向信号Nの一致／不一致を判定する第1方向判定手段32と、角差信号 β frの方向信号Pと操舵トルク信号Tの方向信号Sの一致／不一致を判定する第2方向判定手段52と、第1方向判定手段32および第2方向判定手段52の判定結果が共に方向不一致の場合にはアンダステア補正量出力手段33を選択し、第1方向判定手段32の判定結果が方向不一致で、かつ第2方向判定手段52の判定結果が方向一致の場合にはカウンタステア補正量出力手段53を選択する選択手段31、51とを備えたので、角差信号 β fr、ヨー角速度信号Yおよび操舵トルク信号Tの方向を判定することによって車両挙動がアンダステア状態かカウンタ過大状態かを判断するとともに、アンダステア状態またはカウンタ過大状態に対応した補正量DA、DCを出力することができる。

【0107】また、この発明に係る補正手段50は、角差信号 β frの微分値DVの方向信号Dと操舵トルク信号Tの方向信号Sの一致／不一致を判定する第3方向判定手段54と、この第3方向判定手段54の判定結果が不一致の場合にはオーバステア補正量出力手段34もしくはカウンタステア補正量出力手段53からのオーバステア補正量D0もしくはカウンタステア補正量DCに対応した加算補正信号(オーバステア補正量信号ID0もしくはカウンタステア補正量信号IDC)で目標トルク信号IM0を加算補正し、判定結果が一致の場合にはオーバステア補正量出力手段34もしくはカウンタステア補正量出力手段53からのオーバステア補正量D0もしくはカウンタステア補正量DCに対応した減算補正信号(オーバステア補正量信号ID0もしくはカウンタステア補正量信号IDC)で目標トルク信号IM0を減算補正する加減算補正手段37、38とを備えたので、角差信号 β frの微分値DVの方向信号Dと操舵トルク信号Tの方向信号Sを判定することによってオーバステア補正量D0もしくはカウンタステア補正量DCを目標トルク信号IM0に加算したり、目標トルク信号IM0からオーバステア補正量D0もしくはカウンタステア補正量DCを減算したりすることによってドライバにカウンタ操作が大き過ぎるとか小さ過ぎるとかを反力で伝えることができる。

【0108】さらに、この発明に係る補正手段50は、

角差信号 β frの変化量DVを演算する角差変化量演算手段39と、この角差変化量演算手段39からの角差変化信号DVに対応した角差変化係数KVを出力する角差変化係数発生手段40とを備え、角差変化係数KVでアンダステア補正量DA、オーバステア補正量D0およびカウンタステア補正量DCを補正するので、アンダステアまたはオーバステアの車両挙動が急激に変化しても、ハンドルを介してドライバに速やかに反力の変化として伝達することができる。

【0109】図5は図4に対応した補正手段の動作フロー図である。ステップS1では第1方向判定手段32が角差信号の方向Pとヨー角速度信号の方向Nの一致／不一致の判定を行い、一致の場合にはステップS2に移行して選択手段31がオーバステア補正量D0を選択した後にステップS6に移行し、不一致の場合にはステップS3に移行して第2方向判定手段52が角差信号の方向Pと操舵トルクの方向Sの一致／不一致の判定を行う。

【0110】ステップS3で方向が一致の場合にはステップS4に移行して選択手段51がカウンタステア補正量DCを選択した後、ステップS6に移行する。一方、ステップS3で方向が不一致の場合にはステップS5に移行して選択手段51がアンダステア補正量DAを選択した後、ステップS9に移行する。

【0111】ステップS6では第3方向判定手段54が角差信号の微分値の方向Dと操舵トルク信号の方向Sの一致／不一致の判定を行い、不一致の場合には選択手段55の選択によりステップS7に移行し、一致の場合には選択手段55の選択によりステップS9に移行する。

【0112】ステップS7ではオーバステア補正量D0またはカウンタステア補正量DCに車速係数KRと角差変化係数KVを乗算処理して補正量ID0または補正量IDCを発生した後、ステップS8に移行して目標トルク信号IM0に補正量ID0または補正量IDCを加算補正する。

【0113】ステップS9ではアンダステア補正量DA、オーバステア補正量D0またはカウンタステア補正量DCに車速係数KRと角差変化係数KVを乗算処理して補正量IDA、補正量ID0または補正量IDCを発生した後、ステップS10に移行して目標トルク信号IM0から補正量IDA、補正量IDCまたは補正量IDCを減算補正する。

【0114】図6は図4の補正手段を備えた電動パワーステアリング装置を搭載した車両の実舵角 θ -前後輪滑り角差 β frのリサージュ図である。図6において、実舵角 θ 座標は紙面右方向が操舵角 θ が時計回り方向(+)とし、前後輪滑り角差 β fr座標は前輪滑り角 β fが後輪滑り角 β rよりも大きい時をマイナス(-)として表わす。

【0115】実舵角 θ 座標と前後輪滑り角差 β fr座標の交点が実舵角 θ および前後輪滑り角差 β frが共に0で走行中の車両は直進状態にある。この状態から実舵角 θ を時計回り方向に(+方向)増加させるに従い、前後輪滑

り角差 β_{fr} はマイナス(－)方向に増加して車両は直進状態を保つ。

【0116】この状態(座標第4象限)では、実舵角 θ の増加に対して前輪滑り角 β_f が後輪滑り角 β_r より増加する傾向にあり、前輪の滑りが大きいアンダステア領域を形成する。なお、アンダステア領域は、前後輪滑り角差 β_{fr} が0近傍では弱アンダステア領域と称し、前後輪滑り角差 β_{fr} が大きくなる範囲をアンダステア過大領域と称する。

【0117】また、実舵角 θ および前後輪滑り角差 β_{fr} が共に0の状態から操舵角 θ を増加させても前後輪滑り角差 β_{fr} が0近傍にある状態をニュートラルステア領域と称する。

【0118】ニュートラルステア領域から前後輪滑り角差 β_{fr} がプラス(+)に移行(後輪滑り角 β_r が前輪滑り角 β_f よりも大きく後輪が滑る状態)すると、オーバステア領域(座標第1象限)に入り、オーバステアが継続して後輪滑り角 β_r が大きくなると車両はスピンすることになる。

【0119】車両のスピンを回避するため、ハンドルを反時計回り方向に操作して実舵角 θ を反時計回り方向に(－方向)に増加させ、後輪の滑りを抑えて後輪滑り角 β_r を小さくコントロールすることによって座標第2象限で車両を直進状態に復帰させることができる。この領域(座標第2象限)をカウンタステア領域と称する。

【0120】ただし、カウンタステアを過大にすると、車両は直進ラインを外れて半径から遠ざかってしまう問題を生じる。さらに、初めのカウンタステアを大きくすると車両を直進ラインに乗せるために、ハンドルの時計回り方向および反時計回り方向を何度も繰り返さなければならず、車両挙動がぎくしゃくとしたものになる。

【0121】図4で説明した補正手段50を適用することにより、車両のアンダステア状態、オーバステア状態およびカウンタ過大状態をドライバにハンドルを介して路面反力として伝えることにより、ドライバは図6で説明した車両挙動(ドリフト走行時)の制御を大幅に改善することができる。

【0122】図7はこの発明に係る電動パワーステアリング装置を搭載した車両でのドリフト走行説明図である。図7において、半径Rのカーブをドリフト走行して車両の進路を変更する際の動作を説明する。

【0123】車両が直進している状態(○)からハンドルを右(時計回り方向)に操作すると、前輪滑り角 β_f が後輪滑り角 β_r よりも大きくなってアンダステア状態(◎および○)となる。さらに、ハンドルを右(時計回り方向)に操作すると、後輪滑り角 β_r が前輪滑り角 β_f よりも大きくなって車両はオーバステア状態(●)に入る。

【0124】オーバステア状態が継続して後輪滑り角 β_r が前輪滑り角 β_f よりも更に大きくなると、車両はスピ

ンしてしまうので、補助トルクを小さくしてドライバに大きな反力を伝える。

【0125】ドライバは、ハンドルを介して補助トルクが小さく、かつ大きな反力を感知し、ハンドルを左(反時計方向)に操作すると、車両はカウンタステア状態(⊙)になって補助トルクを小さくしてドライバに大きな路面反力を伝える。

【0126】この時、ドライバが必要以上の反時計方向のハンドル操作を行うと、前輪滑り角 β_f が後輪滑り角 β_r よりも大きくなり、かつ操舵トルクの方向が反時計方向であるため、補助トルクが大きく路面反力が小さなカウンタステア過大状態となってこのままハンドル操作を続けると車両はコーナから外側に向かって進行してしまう。

【0127】この状態を回避するため、ドライバが時計方向にハンドルを操作すると、後輪滑り角 β_r が前輪滑り角 β_f よりも大きくなって車両はカウンタステア過大状態から再度オーバステア状態なる。

【0128】このように、最初に大きなカウンタステア過大状態に入ると、リカバリが難しく車両挙動(ドリフト走行)が不安定になる。

【0129】従って、カウンタステアは前輪滑り角 β_f を徐々に後輪滑り角 β_r に近付け、最終的に等しくなるようにハンドル操作(⊙→○)をし、車両を直進状態(○)にしてコーナを抜けるようにする。

【0130】

【発明の効果】以上説明したようにこの発明に係る電動パワーステアリング装置は、制御手段に、前輪滑り角と後輪滑り角との差を推定する滑り角差推定手段と、この滑り角差推定手段からの角差信号に基づいて目標トルク信号を補正する補正手段とを備え、車両挙動を角差信号から推定し、角差信号に対応した補正量で目標トルク信号を補正し、路面反力の変化の影響を含めてステアリング系に補助トルクを付加する電動機の駆動を制御するので、車両の通常走行時にはドライバに軽快な操舵フィーリングを与え、車両挙動が不安定なアンダステア領域やオーバステア領域ではドライバに路面反力を伝達して車両挙動に対して最適なハンドル操作をさせることができる。

【0131】また、この発明に係る滑り角差推定手段は、前輪の切れ角を検出する切れ角センサが検出する切れ角信号、車速センサが検出する車速信号、ヨー角速度センサが検出するヨー角速度信号および車両の寸法パラメータに基づいて角差を演算し、実際に角差を検出することなく、既存の車載センサを用いて角差を算出することができ、また演算に微分処理回路を含んでいないので、ノイズが混入することなく、正確な滑り角差を推定することができる。

【0132】さらに、この発明に係る補正手段は、判定信号が検出する方向によって車両挙動がアンダステア領

域かオーバステア領域かを判定し、車両挙動に対応した補正をするので、ドライバはアンダステアにあるかオーバステアにあるかによって車両挙動を正確に認識することができる。

【0133】また、この発明に係る補正手段は、アンダステア領域では目標トルク信号を減算補正して補助トルクを減少させて反力を大きく伝達し、オーバステア領域では目標トルク信号を減算補正して反力を小さく伝達することができるので、またその特性を別々に設定できるので、ドライバは車両挙動を感知し、ドライバの意志で車両挙動に対応した最適なハンドル操作を実行することができる。

【0134】さらに、この発明に係る補正手段は、角差変化係数でアンダステア補正量およびオーバステア補正量を補正するので、車両挙動の急激な変化に対しても応答性の速い的確な操舵を実現することができる。

【0135】また、この発明に係る補正手段は、角差信号、ヨー角速度信号および操舵トルク信号の方向を判定することによって車両挙動がアンダステア状態かオーバステアかカウンタ過大状態かを判断するとともに、アンダステア状態、オーバステア状態またはカウンタ過大状態に対応した補正量を出力することができるので、ドリフト走行のような車両挙動の限界領域であってもドライバの能力を最適に発揮させることができる。

【0136】さらに、この発明に係る補正手段は、角差信号の微分値の方向と操舵トルク信号の方向を判定することによってオーバステア補正量もしくはカウンタステア補正量を目標トルク信号に加算したり、目標トルク信号から減算したりすることによってドライバにカウンタ操作量が大き過ぎるとか小さ過ぎるとかを反力で伝えることができるので、ドリフト走行のような車両挙動の限界領域であってもドライバの能力を限界まで発揮させることができる。

【0137】また、この発明に係る補正手段は、角差変化係数でアンダステア補正量、オーバステア補正量およびカウンタステア補正量を補正するので、アンダステア、オーバステアまたはカウンタステアの車両挙動が急激に変化しても、ハンドルを介してドライバに速やかに反力の変化として伝達することができるので、ドリフト走行等の車両挙動の限界領域であっても速やかに対応することができる。

【0138】よって、検出が難しい路面摩擦係数に基づいて基準横加速度を設定することなく、摩擦係数をパラメータとした横加速度Gが非線形領域であっても、アン

ダステア、オーバステアおよびカウンタ過大等の車両挙動の限界領域でもドライバが正確に感知し、ドライバが好む最適の操舵ができる電動パワーステアリング装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明に係る電動パワーステアリング装置の全体構成図

【図2】本発明に係る電動パワーステアリング装置の基本要部ブロック構成図

【図3】この発明に係る制御手段の一実施の形態要部ブロック構成図

【図4】この発明に係る補正手段の別実施の形態要部ブロック構成図

【図5】図4の補正手段に対応した動作フロー図

【図6】図4の補正手段を備えた電動パワーステアリング装置を搭載した車両の実舵角 θ ー前後輪滑り角差 β_{fr} のリサーチ図

【図7】この発明に係る電動パワーステアリング装置を搭載した車両でのドリフト走行説明図

【図8】操舵トルク信号Tー目標トルク信号IMS特性図

【図9】車速信号Vー車速係数KT特性図

【図10】車速信号Vー車速係数KR特性図

【図11】角差信号 β_{fr} ーアンダステア補正量DA特性図

【図12】角差信号 β_{fr} ーオーバステア補正量D0特性図

【図13】角差信号 β_{fr} ーカウンタステア補正量DC特性図

【図14】角差変化量DVー角差変化係数KVの特性図

【符号の説明】

1…電動パワーステアリング装置、2…ステアリングホイール、9…ヨー角速度センサ、10…切れ角センサ、11…車速センサ、12…操舵トルクセンサ、13…制御手段、16…滑り角差推定手段、17…補正手段、18…車速係数発生手段、19…車速係数発生手段、21…目標トルク信号設定手段、31、51、55…選択手段、32…方向判定手段、33…アンダステア補正量出力手段、34…オーバステア補正量出力手段、35…乗算手段、36…乗算手段、37、41…減算手段、38、56、57…加算手段、39…角差変化量演算手段、40…角差変化係数発生手段、52…第2方向反転手段、53…カウンタステア補正量出力手段、54…第3方向判定手段。

フロントページの続き

(51)Int.Cl.⁶
B 6 2 D 137:00

識別記号

F I

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.